

পশ্চিমবঙ্গ মাধ্যমিক শিক্ষা বোর্ড, কলিকতা

প্রাথমিক-মাধ্যমিক শিক্ষাবোর্ড

পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম ভাগ

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

শ্রীচিত্তরঞ্জন দাশগুপ্ত, এম্. এন্স-সি.

সিটি কলেজের 'পদার্থ বিজ্ঞানের' অধ্যাপক, 'A Text-Book of
Intermediate Physics', Pre-University Physics,

'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' (Practical Physics)

ও 'বিজ্ঞান-প্রবেশিকা' (General Science)

প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক, বিশ্ববিদ্যালয়ের

পরীক্ষক, ইত্যাদি।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

৬, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রকাশ—1958
পরিমার্জিত দ্বিতীয় সংস্করণ—1958
" তৃতীয় " —1959
পরিমার্জিত চতুর্থ " —1960

Published and Printed by Sri P. O. Bhōwal, for Book Syndicate
Private Ltd., 6, Ramanath Mazumder Street, Calcutta-9
*at Mudran Bharati Private Ltd., 2, Ramnath Biswas
Lane, Calcutta-9

সূচীপত্র

মুচনা

পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ, পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ ;
পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও তাহার গঠনতত্ত্ব, পদার্থের কয়েকটি
সাধারণ ধর্ম ; শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপ ; শক্তির রূপান্তর 1—6

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : মাপের একক ও পদ্ধতি	..	9—48
প্রথম পরিচ্ছেদ (অতিবিক্ত) : বলবিজ্ঞান প্রাথমিক আলোচনা	..	49—59
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : উদ্বৃত্তি বিজ্ঞান	..	60—87
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি	...	88—113
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়	..	114—138
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : বায়ুমণ্ডলের চাপ ও চাপসংক্রান্ত		
বিভিন্ন পাম্প	...	139—184

তাপ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : তাপ ও ধার্মোমিতি	..	187—209
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : ক্যালরিমিতি	...	210—247
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : কঠিন পদার্থের প্রসারণ	...	248—274
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : তরল ও গ্যাসের প্রসারণ	...	275—320
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : অবস্থা পরিবর্তন	...	321—348
ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ : বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিতি		349—367
সপ্তম পরিচ্ছেদ : তাপ সঞ্চালন	...	368—398

আলোক বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ : আলোকেব স্বজ্জগতি ও ছায়ার উৎপত্তি		401—427
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ : সমতলে আলোকের প্রতিফলন	...	428—457
তৃতীয় পরিচ্ছেদ : সমতলে আলোকের প্রতিসরণ	...	458—498
চতুর্থ পরিচ্ছেদ : লেন্স ও উহার কার্যপ্রণালী	...	499—539
পঞ্চম পরিচ্ছেদ : আলোকের বিচ্ছুরণ	...	540—550
বোর্ডের হায়ার সেকেন্ডারী পরীক্ষার প্রশ্নপত্র	...	1—xxviii
বর্ণানুক্রমিক সূচী	...	a—d

PHYSICS - SYLLABUS

CLASSES IX-X

(Figures in the bracket indicate references to articles of book)

(a)	Contents	1	Remarks	2	Practical	3	Demonstration	4
1.	Measurement of length (1'9) volume (1'16) mass (1'17) weight (1'19) and time (1'20). Measurement of angles (1'22). simple pendulum (experimental study only) (2nd part).		Both F. P. S. & C. G. S. systems are expected (1'3) Explanation of Decimal measure; its usefulness. (1'7).		The use of measuring cylinder (1'16). Measurement of length (1'9) and time (1'20) period of Pendulum (3'6) Use of Vernier (in class X). (1'9 & 1'11).		Use of beam balance (1'17) and spring balance (1'19). Use of Vernier (in class XI). (1'9 & 1'11).	
2.	Density (1'18) and specific gravity (4'1). Measurement of density and specific gravity of solids, liquids (4'3-4'9).		Relative density to be explained (4'1) Density of a gas (4'10).		Density of bodies of regular (1'16) and irregular shape (3'7).			
3.	Meaning of pressure (2'5) Pressure and thrust (2'8) Pressure in liquids (2'9) Characteristics of fluid pressure (2'10).		Balancing columns in U-tube (2'13) Effect of size of the tube (2'13). Pressure at house taps etc. (2'12) Importance of vertical					Pressure depends on head of liquid (2'9) Pressure independent of area (2'9) . Pressure in liquids acts equally in all directions

(b) Contents 1	Remarks 2	Practical 3	Demonstration 4
Archimedes' principle and buoyancy (3'5 & 3'1) Pascal's law (2'14) Floating bodies (3'8)	height (2'12) Hydraulic press (2'12) Hydraulic garage-lift (2'16) Floation of ships and balloons (3'10 & 3'11) Hydrometers (4'6 & 4'7)	Reading the Barometer. (Class XI). (5'3)	(2'10) Transmission of fluid pressure (2'14). Submerged bodies, floating bodies, Sinking bodies (3'8).
4. Atmospheric pressure (5'1-5'2) The Barometer (5'3) Pressure in gases (5'7).	Effect of moisture on atmospheric pressure (5'6) Weather maps (5'6) Pumps (5'11-5'13) Siphon (5'14).	Reading the Barometer. (Class XI). (5'3)	Burette full of water inverted in a beaker of water; air admitted later (5'2) Barometer tubes of different lengths inverted over a mercury trough (5'2) Balloon containing a little air under bell-jar connected to an exhaust pump • (5'2) Magdeburg hemisphere. (5'2).
5. Temperature (1'4) and its measurements (1'6) Thermometers (1'7), (1'8) Expansion of solids, liquids and gases (Chap. 3 & 4).	Effect of heat (such as, bodies get hotter; melting; evaporation; chemical action; • burning; destruction of life; light) to be mentioned. (1'3) Fahrenheit and Centigrade.	Determination of fixed points of a thermometer (1'7)	Ball-and-ring experiment (3'1) Bi-metallic strip (3'2) Demonstrations of expansion of liquids (4'1) and gases (4'12). Great force exerted during expansion and contraction (3'8).

(c) Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1	2	3	4
<p>6. Measurement of quantity of heat (21)—heat units (22) Specific heat (24). Thermal capacity (29) and water equivalent (211).</p> <p>Heat lost—Heat gained (210). Calculation of specific heat from data by method of mixtures (25)</p>	<p>scales (17) and their correction (17). Maximum and minimum thermometers (18). The clinical thermometer (18). Anomalous expansion of water (47).</p>	<p>Determination of Specific heat (solid) by method of mixtures (211).</p>	
<p>7 Melting (52). Evaporation (511). Boiling (515) Moisture in air (61) Dew-points (62). Relative humidity (63).</p>	<p>Effect of pressure on melting point and boiling point (56 & 516) Cooling effect of evaporation (511) Dew (65) mist, cloud and rain (510) Wet-and-dry bulb hygrometer (63) and simple form of Regnault's hygrometer (68).</p>	<p>Determination of melting point of crystalline solid (graphical method) (55).</p>	<p>Weighted wire cuts through ice (57). Freezing point of salt water (58) Boiling under reduced pressure (516). Determination of relative humidity. (69).</p>

(d) Contents	1	Remarks	Practical	Demonstration
8. Conduction, convection and radiation. (Chap. 7)	2	Ventilation (7.7). Land and sea breezes (7.7) • Effect of cotton and woolen clothings to be explained (7.5). Davy's lamps (7.4) and cooling system of an automobile engine to be discussed (7.7). Thermoflask (7.12).	3	Heat conductivity in metals—Ingenhausz's experiment (7.3). Davy's Safety lamp (7.4) Copper spiral extinguishes candle flame (7.5).
9. Light—Straight line propagation (1.3). Pinhole camera (1.4). Shadows from point and extended sources (1.5). Eclipses of sun and moon (1.7).		Circular or Elliptical patches of light in the shadow of leaves of trees to be explained (1.4) Value of speed of light to be mentioned, but no experiment need be described (1.6).		Shadow effect produced by light from point and extended sources (1.5) Pinhole Camera (1.4) (Umbra & Penumbra).
10. Reflection at plane surfaces (2.1). Laws of reflection (2.3) Lateral inversion. (2.16)		The importance of smooth surfaces; regular reflection as opposed to scattering (2.13). Inclined mirrors (2.13). Effect of rotating the mirror (2.14) Effect of motion of the object (2.13) Size of mirror		Verify—(i) Angle of incidence is equal to angle of reflection (2.5)(ii) Image distance is equal to object distance (Pin method) (2.11). Action of Periscope using vertical board and beam apparatus (2.13) Canille burning is water (2.13). Kaleidoscope (2.13).

(e)	Contents	Remarks	Practical	Demonstration
1			3	4
		for viewing full image of a person (2.15). Periscope (2.13)		
11.	Refraction (3.1). Snell's law (3.3). Total reflection (3.9). Dispersion (5.1). Composite nature of white light (5.2)	Reference to colours of a rainbow (5.5). Newton's colour disc to be demonstrated (5.2).	Verification of Snell's law (Pin method) (3.4)	Various experiments to demonstrate total internal reflection (3.11). Production of spectrum by Prism (5.1). Recombination of colours by inverted prism (5.2). (Hartle's Disc).
12.	Lens—graphical treatment only. (Chap. 4)	Idea of focal length; (4.5) real image—magnified, reduced; virtual image (4.7).	f by $U-V$ method. (converging lenses only) (4.13)	

সূচনা

পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ :

এই পৃথিবী বস্তুময়। আমাদের চতুর্দিকে চোখ ফিরাইলেই বহুরকম বস্তুর সন্ধান মিলে। টেবিল, চেয়ার, কাগজ, কলম ইত্যাদি যে-সমস্ত দ্রব্য আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা বুঝিতে পারি এবং যাহার ওজন আছে তাহাই বস্তু। এই সমস্ত বস্তুর সৃষ্টি কি করিয়া হইল, ইহাদের গঠনপ্রণালী, আচরণ বা উপযোগিতা কিরূপ এই সম্বন্ধে কৌতূহল উদ্ভেক হওয়া খুবই স্বাভাবিক। তাই, পৃথিবীর আদিম যুগ হইতে মানুষের অনুসন্ধানী মন এই সম্বন্ধে প্রশ্ন করিয়াছে এবং ইহার জবাব খুঁজিয়াছে। বস্তু যে উপাদানে তৈরী তাহাকে আমরা বলি পদার্থ (Matter)।

বস্তু বা পদার্থ ছাড়া আর একটি জিনিসের প্রতি মানুষের দৃষ্টি পড়িয়াছিল। তাহা হইল শক্তি (Energy)। এই শক্তি আছে বালক জগৎ চলিতেছে। শক্তির অভাবে জগৎ স্থগ্ৰবৎ। শক্তি এবং ইহাৰ বিভিন্ন রূপের সহিত আমাদের পরিচয় বস্তুর মাধ্যমে। যেমন, তাপ এক প্রকার শক্তি। কিন্তু তাপকে আলাদা করিয়া কোন আকাব বা রং দিয়া আমাদের ধরা-ছোঁয়ার ভিতর আনা সম্ভব নয়। কিন্তু কোন বস্তুর তাপমাত্রার (temperature) পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া অথবা উহার প্রসারণ (expansion) লক্ষ্য করিয়া আমরা বস্তুতে তাপশক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। এইরূপ, বিদ্যুৎ আর এক প্রকারের শক্তি। বিদ্যুৎকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুতে উহার প্রবাহ ঘটাইয়া তাহার ফলাফল লক্ষ্য করিতে হইবে। যেমন, বৈদ্যুতিক পাখায় যখন প্রবাহ চলে তখন পাখা ঘোরে এবং তখনই আমরা বৈদ্যুতিক শক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। কাজেই শক্তির পরিচয় পাইতে হইলে বস্তুর সাহায্য প্রয়োজন।

পদার্থ এবং শক্তির লীলাক্ষেত্র এই যে বিরাট এবং বিচিত্র জগৎ—এই জগতের রহস্য উদ্ঘাটন এবং বহুবিধ প্রাকৃতিক ঘটনা সম্বন্ধে প্রকৃত জ্ঞানলাভ—ইহাই হইল পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ।

পদার্থ বিজ্ঞান

পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ :

বহুপূর্বে সমস্ত প্রাকৃতিক বিজ্ঞান, যথা—রসায়ন, প্রাণিবিজ্ঞা, উদ্ভিদবিজ্ঞা, জ্যোতির্বিজ্ঞা প্রভৃতি সমস্তই পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত ছিল। কিন্তু বিজ্ঞানীর কর্মপ্রচেষ্টায় যখন প্রত্যেকটি শাখা সম্বন্ধে মাস্তবে জ্ঞানের পবিধি বাড়িতে লাগিল তখন পদার্থ বিজ্ঞান হইতে ঐগুলিকে পৃথক কবিস্বার প্রয়োজন অনুভূত হইল। এখন, পদার্থ এবং শক্তি সম্বন্ধে চর্চা করাই পদার্থ বিজ্ঞানের কাজ। অধ্যয়নের সুবিধার জন্য পদার্থ বিজ্ঞানকে নিম্নলিখিত ছয়ভাগে ভাগ করা হয়।

(1) সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান (General Physics), (2) শব্দ-বিজ্ঞান (Sound), (3) তাপ-বিজ্ঞান (Heat), (4) আলোক-বিজ্ঞান (Light), (5) চুম্বক-বিজ্ঞান (Magnetism) এবং (6) তড়িৎ-বিজ্ঞান (Electricity)।

পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও উহার গঠনতত্ত্ব :

পদার্থ তিন বকম অবস্থায় থাকিতে পারে। যথা, (1) কঠিন, (2) তরল বা (3) বায়বীয়। একখণ্ড ববফের টুকবাকে বলা যাতে পারে জলের কঠিন অবস্থা। আবার উহাকে তাপ প্রয়োগে জলে পবিণত কবিলে বলা যাইবে জলের তবল অবস্থা। ঐ জলকে আবও বেশী উত্তপ্ত কবিলে যখন বাষ্প উঠিতে থাকিবে তখন ঐ বাষ্পকে জলের বায়বীয় অবস্থা বলা যাইবে। কাচেই দেগা যাইতেছে যে একই পদার্থ কঠিন, তবল বা বায়বীয়, এই তিন বকমেব অবস্থা গ্রহণ কবিতে পারে।

যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন, পদার্থের মূল সূক্ষ্মতম খণ্ড অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বারা পদার্থ গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলিকে বলা হয় অণু (molecule)। অণুগুলির বৈশিষ্ট্য এই যে, উহাবা যে-পদার্থের অংশ তাহাব ধর্ম (properties) অক্ষুণ্ন বাখে এবং স্বতন্ত্রভাবে (free state-এ) থাকিতে পারে। এই অণুগুলি আবার আবও ক্ষুদ্রতব কণিকা দ্বারা গঠিত। ইহাদেব নাম পরমাণু (atoms)। পরমাণু স্বতন্ত্রভাবে থাকিতে পারে না, কিন্তু বাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ কবে। ঐকই বকম পরমাণু দ্বারা গঠিত যে-পদার্থ তাহাকে বলা হয় মৌল (element) এবং দুই বা দুই-এব অধিক মৌলেব সংমিশ্রণে যে-পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় যৌগ

(compound)। উদাহরণ স্বরূপ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের কথা স্মরণ করাইতে পারে। বাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দেখা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন অণুতে একই বকমেব পবমাণু বর্তমান কিন্তু জলের প্রত্যেক অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পবমাণু দ্বারা গঠিত। কাজেই হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনকে বলা হয় মৌল এবং জলকে বলা হয় যৌগ। বাসায়নিকেরা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন যে এই বিশ্বে প্রায় 100 বকমেব মৌল আছে। ইহাদের ভিতর হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হালকা ও ইউবেনিয়াম সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল। এই ধরনের প্রায় 100 বকমেব মৌলেব বিভিন্ন সংমিশ্রণে যৌগেব সৃষ্টি। এই পৃথিবীতে যদিও বহু বকমেব পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়, তথাপি তাহাদের গঠনেব মূলে আছে মাত্র 100 বকমেব মৌল।

আধুনিক বিজ্ঞান অনুযায়ী পবমাণু পদার্থেব ক্ষুদ্রতম অবস্থা নয়। পবমাণুকে ভাঙ্গিয়া আবণ্ড ক্ষুদ্রতর কণিকা পাওয়া যায়। এই কণাগুলি ঋণাত্মক (negative) তড়িৎযুক্ত। ইহাদের বলা হয় ইলেকট্রন (electron)।

পবমাণুর হালকটনগুলি একটি ধনাত্মক (positive) তড়িৎযুক্ত কেন্দ্র (nucleus)-র প্রদাক্ষণ করিয়া সবদা ঘণন। এই কেন্দ্রটি গঠিত হওয়াছে প্রোটন, নিউট্রন প্রভৃতি অতি ক্ষুদ্র কণাদ্বারা। পবমাণুর গঠন পদার্থকে সাবভগতেব গঠন-প্রণালীসমূহ তুলনা করা যায়তে পারে। কেন্দ্রকে বল যায়তে পারে সূর্য এবং ঘণমান ইলেকটনগুলি ব গ্রহেব সঙ্গ তুলনা করা যায়তে পারে।

পদার্থের কয়েকটি সাধারণ ধর্ম :

পদার্থ যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন উদ্ভাব বণ্ডগুলি সাধারণ ধর্ম আছে। যেমন—

(1) মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ (Gravitational or Universal attraction) : যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পবস্পর্কে আকর্ষণ করব। পৃথিবী ও সূর্যেব ভিতর এই আকর্ষণ বর্তমান—যাহাব ফলে সূর্যেব চতুর্দিকে পৃথিবী ঘুবিতেছে। যখন ফল পাকিয়া বাঁটা হইতে খসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর আকর্ষণে ফলটি মাটিতে পড়ে। চন্দ্র-সূর্যেব আকর্ষণের ফলেই সাগর-জলে জোয়ার-ভাটার সৃষ্টি হয়। এই আকর্ষণেব ফলেই প্রত্যেক

পদার্থ বিজ্ঞান

বস্তুর ওজন পরিমলিত হয়। এই আকর্ষণকে বলা হয় মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ।

(2) বিস্তৃতি (Extension) : প্রত্যেক পদার্থখণ্ড কিছু জায়গা দখল করিয়া থাকে। ইহাকে পদার্থের বিস্তৃতি বলা হয়। পদার্থখণ্ড যে-পরিমাণ জায়গা দখল করে তাহাকে বলা হয় ঐ বস্তুর আয়তন (volume)। প্রত্যেক বস্তুর নিজস্ব আয়তন আছে।

(3) অভেদ্যতা (Impenetrability) : যে-কোন দুইটি পদার্থখণ্ড একই সময়ে একই জায়গা দখল করিয়া থাকিতে পারে না। ইহাকে পদার্থের অভেদ্যতা বলা হয়। যখন দেওয়ালে পেরেক পৌতা হয় তখন মনে হয় পেরেক দেওয়াল ভেদ করিতেছে। প্রকৃতপক্ষে যখন পেরেক ভিতবে ঢোকে তখন সেই জায়গা হইতে সিমেন্ট, চুন প্রভৃতি সরিয়া গিয়া পেরেক ঘাইবার জন্ত পথ করিয়া দেয়।

(4) বিভাজ্যতা (Divisibility) : প্রত্যেক পদার্থখণ্ডকে উহার ধর্ম অক্ষুণ্ণ রাখিয়া ছোট ছোট অংশে ভাগ করা যায়। ইহাকে পদার্থের বিভাজ্যতা বলে। যেনন, এক টুকরা খড়ি লইয়া প্লেটের উপর লিপিলে উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খড়ির কণায় বিভক্ত হইয়া যায়।

(5) সংসক্তি (Cohesion) ও আসঞ্জন (Adhesion) : একটি পদার্থখণ্ডেব ভিতর যে বহুসংখ্যক অণু-বর্তমান, উহারা সর্বদা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। একই পদার্থেব অণুগুলিব পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় সংসক্তি। এই সংসক্তির ফলে কঠিন পদার্থ উহার আকার বজায় রাখে। তবল পদার্থেব বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ খুব কম। তাই তবল পদার্থের নিজস্ব কোন আকার নাই। গ্যাসের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ আরো কম।

দুইটি বা দুই-এর বেশী বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় আসঞ্জন। এই আসঞ্জনের ফলে ঝালাই (soldering) করা সম্ভব হয়। কাচকে জলে ডুবাইলে এই আসঞ্জনের ফলে জলকণাকে কাচের গায়ে আটকাইয়া থাকিতে দেখা যায়।

(6) সচ্ছিদ্রতা (Porosity) : প্রত্যেক বস্তুই সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র সমন্বিত। একখণ্ড ব্লটিং কাগজ কালির উপর চাপিয়া ধরিলে কালি শুষিয়া নেয়, কাগজ, কালি ব্লটিং কাগজের অসংখ্য ছিদ্র দিয়া ঢুকিয়া পড়ে। তেমনি একখণ্ড ইট, শ্রাময় চামড়া, কাঠকয়লা প্রভৃতি ভালভাবে পরীক্ষা করিলে এই ছিদ্র

সূচনা

লাক্‌উ হইবে। অনেক সময় এই ছিদ্র এত ক্ষুদ্র হয় যে অণুবীক্ষণ যন্ত্রে তাহা ধরা পড়ে না। এই ধবনের ক্ষুদ্র ছিদ্রকে বলা হয় আন্তরাণবিক (inter-molecular) ছিদ্র। এই ব্যাপ্যাকে বলা হয় পদার্থের সচ্ছিদ্রতা।

(7) জাড্য (Inertia): যে-কোন বস্তু আপনা হইতে উহার অবস্থান পরিবর্তন করিতে অক্ষম। যদি উহা স্থির থাকে তাহা হইলে উহা চিৎদিন স্থির থাকিবে। আর যদি গতিশীল হয়, তাহা হইলে চিৎকাল গতিশীল থাকিবে। ইহাকে পদার্থের জাড্য বলে। বস্তুর ভর (mass) অর্থাৎ বস্তুতে যে-পরিমাণ জড় পদার্থ বর্তমান তাহাই জাড্যের পরিমাপ।

(8) স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity): একখণ্ড বস্তুকে একটু চাপ দিয়া বলপ্রয়োগ করিলে বস্তুটির আকার পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ সরাইয়া লইলে বস্তুটি আবার আগেকার আকারে ফিবিয়া আসে। বস্তুটির এই ধর্মকে বলা হয় স্থিতিস্থাপকতা। এই ধর্ম শুধু বস্তুতে নয়, প্রত্যেক পদার্থেই বর্তমান, কিন্তু কম বা বেশী মাত্রায়।

শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপ (Energy and its different forms): কাজ করিবার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। শক্তিকে মাটামুটি সাত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা:

(1) যান্ত্রিক শক্তি (Mechanical energy), (2) তাপ শক্তি (Heat energy), (3) আলোক শক্তি (Light energy), (4) শব্দ শক্তি (Sound energy), (5) চৌম্বক শক্তি (Magnetic energy), (6) তড়িৎ শক্তি (Electric energy), (7) রাসায়নিক শক্তি (Chemical energy)।

শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy):

উপরোক্ত সাত প্রকার শক্তি পরস্পরের সহিত সম্বন্ধযুক্ত, অর্থাৎ যে-কোন একটা হইতে অন্যটায় রূপান্তর সম্ভব। প্রকৃতিতে প্রায় প্রত্যেক প্রাকৃতিক ঘটনাই শক্তির রূপান্তর বলিয়া ধরা যাইতে পারে এবং তাহার ফলে আমরা বাঁচিয়া প্রাকৃতিক নীলা দেখিতে পাই। নিম্নে এই রূপান্তরের কয়েকটি সহজ দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল।

জল উচ্চস্থান হইতে নিম্নদিকে প্রবাহিত হয়। উচ্চস্থানে থাকাকালীন জলের স্থিতি-শক্তি নিম্নদিকে যাইবার সময় গতি-শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং জলে এই গতি-শক্তিকে কাজে লাগাইয়া তড়িৎ-শক্তি সৃষ্টি করা হয়।

পদার্থ বিজ্ঞান

বক্স বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেন্টের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত হয় তখন আমরা আলো পাই। এখানে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

স্টীম এঞ্জিনে তাপেব সাহায্যে স্টীম উৎপন্ন করিয়া রেলগাড়ী চালানো হয়। এখানে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

এইরূপ বিভিন্ন দৃষ্টান্ত দ্বারা দেখানো যাইতে পারে যে, একপ্রকার শক্তির অন্ত যে কোন প্রকার শক্তিতে রূপান্তর সম্ভব।

শক্তির নিত্যতা (Conservation of energy) :

শক্তি যখন এক রূপ হইতে অন্য রূপে পরিবর্তিত হয় তখন শক্তির কোন ক্ষয় হয় না। এক বস্তু যে-পরিমাণ শক্তি হারাইবে অন্য বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করিবে। প্রকৃতপক্ষে আমরা কোন নতুন শক্তি সৃষ্টি করিতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করিতে পারি না। বিজ্ঞানীগণ বিশ্বাস করেন যে, এই বিশ্ব সৃষ্টির প্রথম দিন যে পরিমাণ শক্তি ছিল আজও সেই পরিমাণ শক্তি বর্তমান। এই সূত্রকে শক্তির নিত্যতা বলে।

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান
[GENERAL PHYSICS]

প্রথম পরিচ্ছেদ

মাপের একক ও পদ্ধতি

[Units and methods of measurement]

1-1. প্রাকৃতিক রাশি (Physical quantities) :

রাশি (Quantity) বলিতে এমন জিনিস বুঝায় যাহার পরিমাণ সম্ভব, যেমন, একটি কাঠের টুকরার ওজন আছে আমরা বুঝিতে পারি এবং তুলা (balance) দ্বারা সেই ওজন মাপিতে পারি। কাজেই বস্তুর ওজনকে বলা হয় একটি রাশি। কোন ঘটনা কিছু সময় ধরিয়া ঘটিলে ঘড়ির সাহায্যে আমরা সেই সময় মাপিতে পারি। কাজেই 'সময়'কে আমরা বলিব একটি রাশি। পদার্থ বিজ্ঞান অধ্যয়নকালে এইরূপ বহু রাশির কথা আমরা জানিতে পারি। যেমন—ভর, দৈর্ঘ্য, গতিবেগ, ত্বরণ (acceleration), ভিউংস্রোত ইত্যাদি। পদার্থ বিজ্ঞানেই অন্তর্গত এই রাশিগুলিকে প্রাকৃতিক রাশি বলা হয়। এই প্রাকৃতিক রাশিকে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে।

(1) স্কেলার (Scalar) রাশি এবং (2) ভেক্টর (Vector) রাশি। যে-সমস্ত রাশির শুধু মান (magnitude) আছে কিন্তু দিকনির্দেশ (direction) প্রয়োজন নাই তাহাদেব স্কেলার রাশি বলে। যেমন, বস্তুর ভর। বস্তুর ভর বুঝিতে গেলে কতখানি ভর শুধু তাহা বলিলেই হয়। দিকনির্দেশের কোন অর্থ নাই—সেইজন্য ভর একটি স্কেলার রাশি। তেমনি সময়, আয়তন প্রভৃতি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

যে-সমস্ত রাশির মান এবং দিকনির্দেশ দুই-এক প্রয়োজন তাহাকে বলা হয় ভেক্টর রাশি। বস্তুর ওজন একটি ভেক্টর রাশি। ব্যরণ ওজন বলিতে আমরা বুঝি,—যে-বলের দ্বারা বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হইতেছে তাহা। কাজেই ওজনেই একটি নির্দিষ্ট দিক (direction) আছে। তেমনি বল, বেগ (velocity) প্রভৃতি ভেক্টর রাশির উদাহরণ।

1-2. মাপের একক (Units of measurement) :

কোন একটি রাশির পরিমাপ বুঝাইতে গেলে তাহার একটি স্ববিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সমপকার রাশির মাপ লওয়া হয়। ঐ নির্দিষ্ট মানকে মাপের একক (unit) বলা হয়। যেমন, যদি বলা

হয় একটি ঘর 20 ফুট লম্বা তাহা হইলে সহজেই ঘরটির দৈর্ঘ্য সম্বন্ধে ধারণা হয়। এখানে দৈর্ঘ্য একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'ফুট'-কে একক হিসাবে ধরা হইয়াছে।

যদি বলা হয় আমি অনেক চাউল কিনিলাম তাহা হইলে কতটা চাউল সে-সম্বন্ধে কিছুই বোঝা যায় না। কিন্তু যদি বলি 20 কিলোগ্রাম চাউল কিনিলাম, তাহা হইলে তৎক্ষণাৎ চাউলের পরিমাণ বোঝা যায়। এখানে কিলোগ্রামকে একক হিসাবে ব্যবহার করিয়া চাউলের ভর-কে (mass) বুঝানো হইল।

তেমনি, যদি বলা হয় ট্রেনটি বোম্বাই হইতে কলিকাতা পৌঁছিতে অনেক সময় লইতেছে, তাহা হইলে সময় সম্বন্ধে সঠিক কিছু বলা হইল না। সঠিক বলিতে হইলে বলিতে হইবে 30 ঘণ্টা কি 40 ঘণ্টা—ত্যাাদি। অর্থাৎ সময়েব পরিমাপ করিতে একক হিসাবে এখানে ঘণ্টাকে ব্যবহার করা হইল।

এইভাবে দেখা যায় যে প্রত্যেক রাশির পরিমাপেব জন্য এক একটি এককেব প্রয়োজন। তাহা হইলে প্রশ্ন উঠিবে যে, পদার্থ বিজ্ঞানে ত' হাজাব হাজাব রাশির কথা আছে। উহাদেব কি হাজাব হাজাব একক আছে? কিন্তু সৌভাগ্যক্রমে দেখা গিয়াছে যে রাশি অসংখ্য হইলেও, মাত্র তিনটি রাশির একক ঠিক করিয়া লইলে বাকী সব রাশির একক উহা হইতেই পাওয়া যাইবে। এই তিনটি রাশি হইল, (1) দৈর্ঘ্য, (2) ভর এবং (3) সময়। এই তিনটি রাশির একক পরস্পরেব উপর নির্ভরশীল নহে। উহাদেব 'একক কে বলা প্রাথমিক (fundamental) একক। অগ্গাচ্চ রাশির একক—যাহা প্রাথমিক একক হইতে পাওয়া যায়—তাহাদেব বলা হয় লব্ধ (derived) একক।

1-3. এককের বিভিন্ন পদ্ধতি (Systems of units):

উপরেব তিনটি প্রাথমিক একককে প্রকাশ করিবাব দুইটি পদ্ধতি আছে।

(1) সি. জি. এস. অথবা ফ্রেন্স অথবা মেট্রিক পদ্ধতি (C. G. S. or French or Metric System)।

এখানে 'সি' শব্দটি বুঝাইতেছে সেন্টিমিটার→দৈর্ঘ্যেব একক।

'জি' ,, ,, গ্রাম →ভবেব একক।

'এস' ,, ,, সেকেন্ড→সময়েব একক।

মাপের একক ও পদ্ধতি

(2) এক্. পি. এস্. অথবা ব্রিটিশ পদ্ধতি (F. P. S. or British system)

এখানে,

‘এফ্.’ শব্দটি বুঝাইতেছে ফুট→দৈর্ঘ্যের একক।

‘পি’ ,, ,, পাউণ্ড→ভরের একক।

‘এস্’ ,, ,, সেকেন্ড→সময়ের একক।

এই পদ্ধতি বিশেষ করিয়া ব্রিটিশ সাম্রাজ্যে ব্যবহৃত হয় এবং আংশিক ভাবে আমাদের দেশেও চালু আছে।

(8) উপবোক্ত দুইটি বিশেষ প্রচলিত পদ্ধতি ছাড়া আর একটি পদ্ধতি আজকাল ব্যবহৃত হইতেছে। ইহাকে এম. কে. এস্ (M K S) পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতি অনুযায়ী

‘এম্’ শব্দটি বুঝাইতেছে মিটার→দৈর্ঘ্যের একক।

‘কে’ ,, ,, কিলোগ্রাম→ভরের একক।

‘এস্’ ,, ,, সেকেন্ড→সময়ের একক।

পরিমাপের এই বিশেষ পদ্ধতিটি আন্তর্জাতিক বস্তু ব্যবহৃত হইতেছে। ইহাও কয়েকটি বিশেষ সুবিধা আছে।

1 4. দৈর্ঘ্যের একক :

সেন্টিমিটার : সি জি এস পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল সেন্টিমিটার।

ফ্রান্সের আন্তর্জাতিক বুঝে অব ওয়েটস অ্যান্ড মেজারস্ এ (International Bureau of Weights & Measures) বস্কিত একটি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম দণ্ডের (যাহার তাপমাত্রা 0 সেন্টিগ্রেড) উপর দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক মিটার (Metre) সেন্টিমিটার হইল মিটারের একশত ভাগের একভাগ। ছোট ছোট দৈর্ঘ্য বা খুব বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ এবং গুণিতাংশ কথ্য হইয়াছে। এখানে তাহার হিসাব দেওয়া হইল। এই ভগ্নাংশ বা গুণিতাংশ লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ইহা সর্বদা দশ ভাগ বা দশ গুণ। সি জি এস পদ্ধতির ইহা একটি বিশেষ সুবিধা।

10 মিলিমিটার [মি. ম.] (mm.) = 1 সেন্টিমিটার [সে. মি.] (cm).

10 সেন্টিমিটার = 1 ডেসিমিটার

10 ডেসিমিটার = 1 মিটার (মি.) (m).

10 মিটার = 1 ডেকামিটার

10 ডেকামিটার = 1 হেক্টোমিটার

10 হেক্টোমিটার = 1 কিলোমিটার (কি. মি.) (km).

ফুট : এক্. পি. এম্. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল ফুট।

লণ্ডনের ব্রিটিশ এক্সচেকারেব (British Exchequer) অফিসে রক্ষিত একটি ব্রোঞ্জ দণ্ডের উপর (যাহার তাপমাত্রা হইল 62° ফারেনহাইট) দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক গজ। এক ফুট এক গজের তিন ভাগের এক ভাগ। ছোট এবং বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য ফুটের ষে-ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ কবা হইয়াছে, তাহা এইরূপ :-

1 মাইল = 1760 গজ

1 গজ = 3 ফুট

1 ফুট = 12 ইঞ্চি

ইহা ছাড়া 'ফারলং' (Furlong) নামক একটি এককও ব্যবহৃত হয়।

1 ফারলং = 220 গজ

8 ফারলং = 1 মাইল।

দৈর্ঘ্যের এককের দুই পদ্ধতির পারস্পরিক সম্বন্ধ :

দৈর্ঘ্য প্রকাশের যে বিভিন্ন এককের কথা বলা হইল তাহাদের পারস্পরিক সম্বন্ধ এইরূপ :-

1 ইঞ্চি = 2.54 সেন্টিমিটার (সে. মি.)

1 ফুট = 30.48 „ (প্রায়)

1 গজ = 3 ফুট = 91.44 সেন্টিমিটার

= $\frac{91.44}{100}$ মিটার = 0.9144 মিটার।

অথবা,

1 সেন্টিমিটার = 0.3937 ইঞ্চি = 0.0328 ফুট।

1 মিটার = 1.09363 গজ = 39.37 inches.

একক ও পরিমাপ

উদাহরণ : একটি 500 গজের রাস্তাকে বর্ধিত করিয়া 500 মিটার করিতে হইবে। রাস্তাটি কতখানি বাড়াইতে হইবে তাহা গজ-ফুটে নির্ণয় কর।

[A 500 yard track has to be extended to 500 metres. Find in yards and feet the elongation necessary.]

উঃ। আমরা জানি, $1 \text{ metre} = 1.09363 \text{ yds.}$

$$\therefore 500 \text{ metres} = 546.815 \text{ yds.}$$

অর্থাৎ 500 গজের রাস্তাকে বর্ধিত করিয়া 546.815 yds করিতে হইবে :
সুতরাং রাস্তাটি যে-পরিমাণ বাড়াইতে হইবে তাহা $= (546.815 - 500) \text{ yds.}$

$$= 46.815 \text{ yds.}$$

$$= 46 \text{ yds. } 2 \text{ ft. } 5 \text{ inches.}$$

1-5. ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক (Units of area and volume)—(লব্ধ একক) :

ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক আমরা দৈর্ঘ্যের একক হইতে গঠন করিতে পারি। এই কারণে এই দুইটি বাণির একককে **লব্ধ একক** বলা হইবে।

বর্গক্ষেত্রের একক :

যে-বর্গক্ষেত্রের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই এক সেন্টিমিটার লম্বা উহা বর্গক্ষেত্রফল হইল সি. জি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক এবং উহা বলা নাম 1 বর্গ সেন্টিমিটার (1 sq. cm.)।

তেমনি এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক হইল এক বর্গফুট (1 sq. ft.)।

আয়তনের একক :

যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 সেন্টিমিটার উহা বর্গ আয়তনকে সি. জি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। উহা বলা নাম এক ঘন সেন্টিমিটার (1 cubic centimetre বা 1 c.c.)

তেমনি যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 ফুট উহা বর্গ আয়তনকে এফ্. পি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। ইহাকে বলা হয় এক ঘন ফুট (1 cubic foot অথবা 1 c. ft.)।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে 'লিটার' (litre) নামক আর একটি এককের দ্বারা আয়তনকে প্রকাশ করা হয়। বিশেষত তরল পদার্থের বেলায় এই একক ব্যবহৃত হয়।

1 লিটার = 1000 ঘন সেন্টিমিটার।

কাছেই, 1 millilitre (ml) = 1 c.c.

তেমনি, এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে তবলের আয়তন প্রকাশ কবিলার জন্য 'গ্যালন' (gallon) একক ব্যবহৃত হয়।

1 গ্যালন = 62 F তাপমাত্রায় 10 lb জলের আয়তন।

1 গ্যালন = 4.54 লিটার।

1-6. ভরের একক :

বস্তু ভব বলিতে ঐ বস্তুতে কতটা পবিমাণ জড় পদার্থ (matter) আছে, তাহাই বুঝায়। যেমন, একটি লোহাব বলে যতখানি লোহা আছে তাহাই বলটির ভব। সি. ডি. এস্ পদ্ধতি অনুসারে ভবের একক হইল গ্রাম। প্যাবিসে রক্ষিত একটি প্রাটিনাম ইবিডিয়াম খণ্ডের ভবকে বলা হয় কিলোগ্রাম। গ্রাম এক কিলোগ্রামের হাজার ভাগের এক ভাগ।

, সাধারণভাবে এক ঘন সেন্টিমিটার জলকে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ভবকে এক গ্রাম বলা হয়।

নিম্নে গ্রামের ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ দেখয়া হইল :

10 মিলিগ্রাম (mgm)	= 1 সেন্টিগ্রাম
10 সেন্টিগ্রাম	= 1 ডেসিগ্রাম
10 ডেসিগ্রাম	= 1 গ্রাম (gm)
10 গ্রাম	= 1 ডেকাগ্রাম
10 ডেকাগ্রাম	= 1 হেক্টোগ্রাম
10 হেক্টোগ্রাম	= 1 কিলোগ্রাম (kgm)

এফ্. পি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী ভবের একক হইল পাউণ্ড (lb)।

ওয়েস্টমিনস্টারে, স্ট্যাণ্ডার্ড অর্টিসে বর্ণিত এবংও প্রাটিন মের ৩৮° F এক পাউণ্ড বলা হয়।

এফ. পি. এস পদ্ধতিতে ভবের অণ্ডার যে মনস্ত একক প্রচলিত আছে তাহা নিম্নে বলা হইল—

16 ড্রাম	= 1 আউন্স (oz.)
16 আউন্স	= 1 পাউণ্ড
28 পাউণ্ড	= 1 কোয়ার্টার
4 কোয়ার্টার	= 1 হন্দর (cwt)
20 হন্দর	= 1 টন
কাছেই, 1 টন	= 20 × 4 × 28 = 2240 পাউণ্ড।

ভারতীয় পরিমাপ অনুযায়ী 1 সের ভর 930 গ্রাম অর্থাৎ 93 kilogram-এর সমান।

গ্রাম ও পাউণ্ডের পারস্পরিক সম্বন্ধ :

মনে রাখিবে, 1 পাউণ্ড = 453.59 গ্রাম।

1 কিলোগ্রাম = 2 204 পাউণ্ড।

উদাহরণ : এক সেব অপেক্ষা এক কিলোগ্রাম কতটা ভারী নির্ণয় কর।

40 seers = 82 2 lbs এবং 1 lb = 453.6 gms.

[How much heavier is a kilogram than a seer, if 40 seers weigh 82.2 lbs and 1 lb weighs 453.6 gms.]

[H. S. Exam. 1963]

উঃ। 40 সেব = 82.2 পাউণ্ড

$$= 82.2 \times 453.6 \text{ gms.}$$

$$= 37285.92 \text{ gms.}$$

$$= 37.28 \text{ kilo gms.}$$

অর্থাৎ, 37.28 kilo = 40 seers.

$$1 \text{ kilo} \frac{40}{37.28} = 1.07 \text{ seers}$$

অর্থাৎ 1 সেব হইতে 1 kilo যতপরি ভারী তাহা

$$1.07 - 1 = 0.07 \text{ kilo}$$

$$= 70 \text{ gms.}$$

1-7. মেট্রিক বা দশমিক (Decimal) পদ্ধতির সুবিধা :

১. জি. এস বা মেট্রিক পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্য বা ভর একক লম্বা বহিলে দেখিতে পাইবে যে, যে-কোন একক তাব পবর্তী নিম্ন এককের দশগুণ বা তাহাব অগ্রবর্তী উচ্চ এককের দশ ভাগেব এক ভাগ। এই কাবণে মেট্রিক পদ্ধতিকে দশমিক পদ্ধতিও বলা হয়। এই পদ্ধতি একটি মন্ত সুবিধা যে এক একক হইতে অগ্র এককে যাইতে হইলে দশমিক বিন্দু সবাটলেই চলিবে, গু। বা ভাগেব প্রয়োজন নাই। যেমন, 59321 মিটার = 59321 সেন্টিমিটার = 0.59321 কিলোমিটার ইত্যাদি। কিন্তু এক্. পি. এস. পদ্ধতিতে এই সুবিধা নাই। যেমন 3 গজ = $3 \times 3 = 9$ ফুট = $9 \times 12 = 108$ ইঞ্চি = 17.76 ফুট মাইল ইত্যাদি। তাছাড়া দৈর্ঘ্য, আয়তন ও ভর একক মেট্রিক পদ্ধতিতে

হ্রবিধাজনকভাবে সংশ্লিষ্ট। যথা, 1 ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজন 1 গ্রাম। কিন্তু 1 ঘনফুট জলের ওজন 1 পাউণ্ড নয়, 62.5 পাউণ্ড।

এই সকল কারণে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র দশমিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতেছে। আমাদের দেশে বিগত 1957 খ্রীষ্টাব্দের এপ্রিল মাস হইতে দশমিক পদ্ধতিতে মুদ্রা প্রচলিত হইয়াছে এবং 1961 খ্রীষ্টাব্দে ওজন ও দশমিক পদ্ধতিতে প্রচলিত হইয়াছে।

উদাহরণ :

একজন ক্রেতা বাজারে গিয়া দোকানদারের নিকট 20 সের চাউল, 5 গ্যালন তেল এবং 8 গজ কাপড় চাহিল। ভুলক্রমে দোকানদার তাহাকে 20 কিলো চাউল, 20 লিটার তেল এবং 8 মিটার কাপড় দিল। কোন্ ক্ষেত্রে দোকানদারের লাভ এবং কোন্ ক্ষেত্রে ক্ষতি হইল মেট্রিক পদ্ধতিতে উহা নির্ণয় কর।

[A person went to the market and asked the salesman to give him 20 seers of rice, 5 gallons of oil and 8 yards of cloth. Due to mistake the salesman gave him 20 kilos of rice, 20 litres of oil and 8 metres of cloth, Calculate the gain or loss of the salesman in each case and express the result in metric system.]

উঃ। 1 সের = 0.93 কিলো

∴ 20 সের = $0.93 \times 20 = 18.6$ kilo

কাজেই চাউলের ক্ষেত্রে দোকানদারের লোকসান হইল $(20 - 18.6)$
= 1.4 কিলো।

1 গ্যালন = 4.54 লিটার

∴ 5 গ্যালন = $4.54 \times 5 = 22.7$ লিটার

কাজেই, তেলের ক্ষেত্রে দোকানদারের লাভ হইল $(22.7 - 20)$
= 2.7 লিটার।

1 গজ = 0.91 মিটার

∴ 8 গজ = $0.91 \times 8 = 7.28$ মিটার

কাজেই কাপড়ের ক্ষেত্রে দোকানদারের ক্ষতি হইল $(8 - 7.28)$
= 0.72 মিটার।

1-8. সময়ের একক :

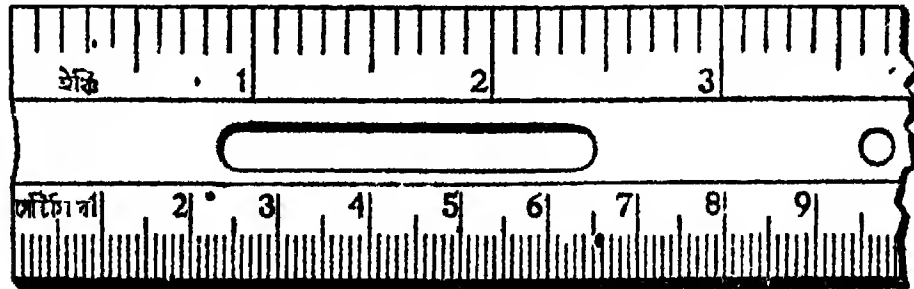
এক্. পি. এস্. ও সি. জি. এস্. উভয় পদ্ধতিতে সময়ের একক গড় সৌর সেকেন্ড (mean solar second) বা সংক্ষেপে, 'সেকেন্ড'। সূর্য পর পব কোনও স্থানের মধ্যরেখাকে (meridian) দুইবার অতিক্রম করিতে যে সময় নেয় তাহাকে এক সৌরদিন (solar day) বলা হয়। কয়েকটি কাৰণে বৎসরের সব সময় এই সৌরদিন ঠিক সমান থাকে না, একটু কবিয়া পৰিবৰ্তন কৰে। এক বৎসবে গড় লইলে যাহা হয় তাহাকে গড় সৌরদিন (mean solar day) বলে। এই গড় সৌরদিনেব 24 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক ঘণ্টা এবং ঘণ্টাব 60 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক মিনিট এবং মিনিটেব 60 ভাগেব এক ভাগকে বলা হয় এক সেকেন্ড। অর্থাৎ, 24 ঘণ্টা = 1 গড় সৌরদিন। 60 মিনিট = 1 ঘণ্টা। 60 সেকেন্ড = 1 মিনিট। অথবা, $1 \text{ সেকেন্ড} = \frac{1}{24 \times 60 \times 60} = \frac{1}{86400}$ গড় সৌরদিন।

দৈর্ঘ্য, ভর এবং সময়ের পরিমাপ

(Measurement of length, mass and time)

1-9. দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

সাধারণত দৈর্ঘ্য মাপিবাব জন্ত আমবা যে যন্ত্র ব্যবহাৰ কৰি উহাব নাম স্কেল। একটা এক মিটার লম্বা বাঠেব পাঠেব চিহ্নেব সেন্টিমিটার এবং



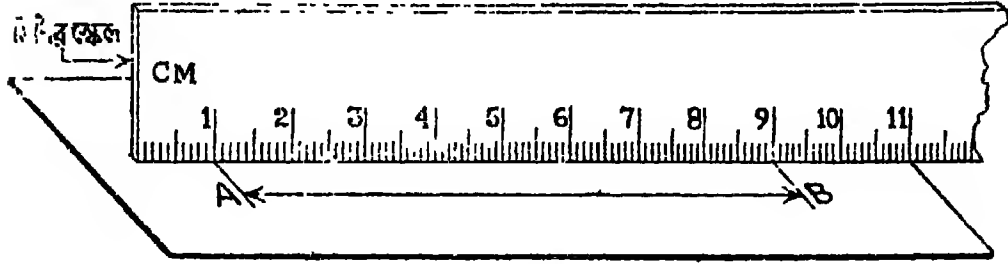
স্কেল

চিত্র 1ক

সেন্টিমিটাবেব ভগ্নাংশে মিলিমিটার দাগ কাটা এবং উপৰাৰ্ধে ইঞ্চি এবং ইঞ্চিৰ দশমাংশে দাগ কাটা য়েব নাম স্কেল (1ক নং চিত্র)। স্কেল অনেক সময় শুধু সেন্টিমিটাবে ও মিলিমিটাবে দাগ কাটা থাকে। তখন উহাকে বলা হয় মিটার স্কেল। আবার শুধু ইঞ্চি এবং ইঞ্চিৰ দশমাংশে দাগ কাটা থাকিলে তখন বলা হয় ফুট-ইঞ্চি।

স্কেলের ব্যবহার :

ধরা যাউক, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য স্কেল দিয়া মাপিতে হইবে। স্কেলটিকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যে দাগ কাটা পাশটি AB লাইনটির সহিত লম্বাভাবে মিশিয়া যায়। A প্রান্তটি কোন একটি পূর্ণসংখ্যার (ধরা যাউক, 1 সেন্টিমিটার)



স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1খ

সহিত নিম্নলিখিত প্রান্তের পাঠ (reading) লইতে হইবে। মনে কর, B প্রান্তটি 8.9 এবং 9 সে. মি.-এর মাঝে কোথাও আছে। (1খ নং চিত্র)। এইরূপ স্থলে B প্রান্তটির পাঠ লইতে গেলে চোখেই আন্দাজের (eye-estimation) সাহায্যে 1 মিলিমিটারকে দশভাগে ভাগ করিয়া দেখিতে হইবে এবং ঐ হিসাবে B প্রান্তের পাঠ লইতে হইবে। ধরা যাউক, ঐ হিসাবমত B-প্রান্তের পাঠ 8.99 সে. মি.।

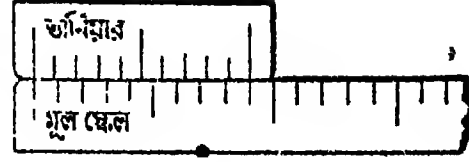
তাহা হইলে, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = B প্রান্তের পাঠ - A প্রান্তের পাঠ
 $= 8.99 - 1 = 7.99$ সে. মি.।

এইরূপ আরো কয়েকবার পাঠ লইয়া উহা বার বার করিলে AB লাইনের দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে।

1-10. ভার্নিয়ার স্কেল (Vernier Scale) :

এই যন্ত্রটি ফরাসী গণিতবিদ পি. ভার্নিয়ার আবিষ্কার করেন। ইহা দ্বারা দৈর্ঘ্যের সূক্ষ্মতর মাপ নিতুলভাবে করা যায়। মিটার স্কেল দ্বারা 1 মিলিমিটারের ক্ষুদ্র অংশ পাঠ করিতে চোখেই আন্দাজ (eye-estimation) কাজে লাগাইতে হয়, তাহা আগেই বলা হইয়াছে। ইহাতে ভুল হইতে পারে। ঐ ভুল ভার্নিয়ার স্কেল দ্বারা দূর করা যায়। 1গ নং চিত্রে

একটি ভানিয়ার স্কেল দেখানো হইয়াছে। ইহাতে মূল স্কেলের (main scale) গায়ে আর একটি ক্ষুদ্র স্কেল লাগানো থাকে। উহাকেই ভানিয়ার বলে। ভানিয়ারটি মূল স্কেলের গা বাহিয়া দক্ষিণে বা বামে সন্নিবেশিত পাবে। ভানিয়ার স্কেলে যে ছোট ভাগগুলি থাকে তাহা মূল স্কেলের একটি ছোট ভাগের (অর্থাৎ 1 মি. মি.)



ভানিয়ার স্কেল
চিত্র 1গ

চাইতে কিছু ছোট। ছবিতে দেখিতে পাওয়া যাউতেছে যে, ভানিয়ারের 10 ভাগ মূল স্কেলের 9 ভাগ অর্থাৎ 9 মি. মি.-এর সমান। সাধারণত ভানিয়ারে এই বকম ভাগটি থাকে। এই ভানিয়ারের সাহায্যে কোন দৈর্ঘ্য মাপিতে গেলে প্রথমে ভানিয়ার স্থিতিস্থ (vernier constant) নির্ণয় করিতে হইবে।

ভানিয়ার স্থিতিস্থ :

মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক ভাগ এবং ভানিয়ার স্কেলের এক ভাগের অন্তরফলকে ভানিয়ার স্থিতিস্থ বলা হয়। ইহার দ্বারা এক মিলিমিটারের ক্ষুদ্রতম অংশকে নির্ভুলভাবে মাপা সম্ভব। 1গ নং চিত্রে বোঝা যাউতেছে যে,

$$10 \text{ ভানিয়ার ভাগ} = \text{মূল স্কেলের } 9 \text{ ভাগ}$$

$$\therefore 1 \text{ " " " } = \text{ " " " } \frac{1}{10} \text{ " " "}$$

$$= \frac{1}{10} \times 1 = \frac{1}{10} \text{ মি. মি. [1 মূল স্কেলের } = 1 \text{ m.m.]}$$

$$\text{সুতরাং ভানিয়ার স্থিতিস্থ} = (1 - \frac{1}{10}) \text{ মি. মি.} = \frac{9}{10} \text{ মি. মি.} = 0.1 \text{ সে. মি.}$$

কাজেই দেখা যাউতেছে যে উপরোক্ত ভানিয়ার দ্বারা সব চাইতে ক্ষুদ্রতম যে দৈর্ঘ্য মাপা যাইবে তাহা হইবে 1 সেন্টিমিটারের 100 ভাগের 1 ভাগ অর্থাৎ 1 মি. মি.-এব 10^০ ভাগের 1 ভাগ।

[ভানিয়ার স্থিতিস্থের সাধারণসূত্র (general formula) নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে :—

মনে কর, ভানিয়ারের 'm' ঘর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম (m - 1) ঘর

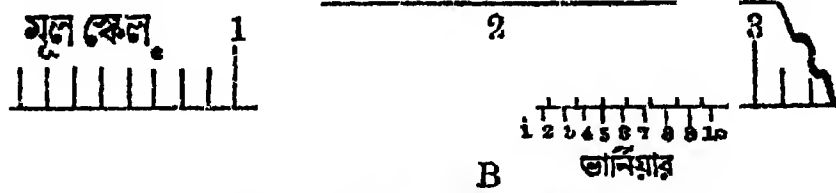
কাজেই, ভানিয়ারের 1 ঘর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম $\frac{m-1}{m}$ ঘর

$$\therefore \text{ভানিয়ার স্থিতিস্থ} = \left(1 - \frac{m-1}{m}\right) \times \text{মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের সমান}$$

$$= \frac{1}{m} \times \text{মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের মান।}$$

ভার্নিয়াসের ব্যবহার :

মনে কর, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য ভার্নিয়াসের সাহায্যে মাপিতে হইবে। মূল স্কেলের 0 দাগটি A প্রান্তের সহিত মিলাইয়া লও। চোখে দেখিয়া বোঝা যাইতেছে যে B প্রান্তটি 2 সে. মি.-এর কিছু বেশী (1 ঘনং চিত্র)।



ভার্নিয়াসের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1ঘ

চোখের আন্দাজে এই অংশটুকুর পাঠ লইলে কিছু ভ্রুটি থাকিবে। ভার্নিয়াস দ্বারা ইহাব নিভুল পাঠ সম্ভব। ইহার জন্য ভার্নিয়াসকে সরাইয়া ভার্নিয়াসের 0 দাগটি B প্রান্তের সহিত মিলান। দেখ যে ভার্নিয়াসের 0 দাগটি মূল স্কেলের কত দাগ পাব হইয়া গিয়াছে। এক্ষেত্রে 2 সে. মি. পার হইয়াছে। কাজেই মূল স্কেলের পাঠ হইল 2 সে. মি.। বাকী অংশটুকু পাঠ করিতে হইলে দেখ ভার্নিয়াসের কোন দাগ মূল স্কেলের যে-কোন একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে কি-না। ভার্নিয়াসের দাগগুলি পব পব ভুলভাবে লক্ষ্য করিলেই এই মিল ধরা পড়িবে। ভার্নিয়াসের 5 দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। এক্ষণে ভার্নিয়াসের এই 5 দাগকে ভার্নিয়াস স্থিরাক ঘাটা গুল করিলে যাহা পাওয়া যাইবে তাহা হইল 13 প্রান্তের বাকী অংশটুকুর পাঠ। অর্থাৎ $5 \times 0.01 = 0.05$ সে. মি. হইল বাকী অংশটুকুর নিভুল পাঠ।

সুতরাং AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = মূল স্কেল পাঠ + ভার্নিয়াস পাঠ ×

ভার্নিয়াস স্থিরাক

$$= (2 + 5 \times 0.01) \text{ cm.}$$

$$= 2 + 0.05 \text{ cm.}$$

$$= 2.05 \text{ cm.}$$

[লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' এ বিস্তারিত বিবরণ দ্রষ্টব্য]।

উদাহরণঃ একটি ব্যারোমিটারের ভার্নিয়াস স্কেল 20 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে এবং ঐ 20 ভাগ মূল স্কেলের 19 ঘবের সহিত মেলে। মূল স্কেলের এক একটি ঘর 1 মি. মি.-এর সমান হইলে ভার্নিয়াস স্থিরাক বাহির কর।

[The vernier scale of a barometer contains 20 divisions which coincide with 19 divisions of the main scale. If each of the main scale divisions is equal to 1 m. m., calculate the vernier constant.]

উত্তর : 20 ঘর ভার্নিয়ার স্কেল = 19 ঘর মূল স্কেল।

$$\therefore 1 \text{ " " " } = \frac{19}{20} \text{ " " "}$$

$$= \frac{19}{20} \text{ মি. মি.}$$

সুতরাং ভার্নিয়ার স্থিতি

$$= \text{মূল স্কেলেব এক ঘর} - \text{ভার্নিয়ার স্কেলেব এক ঘর}$$

$$= (1 - \frac{19}{20}) \text{ mm}$$

$$= \frac{1}{20} \text{ mm.}$$

$$= .05 \text{ mm.} = .005 \text{ cm.}$$

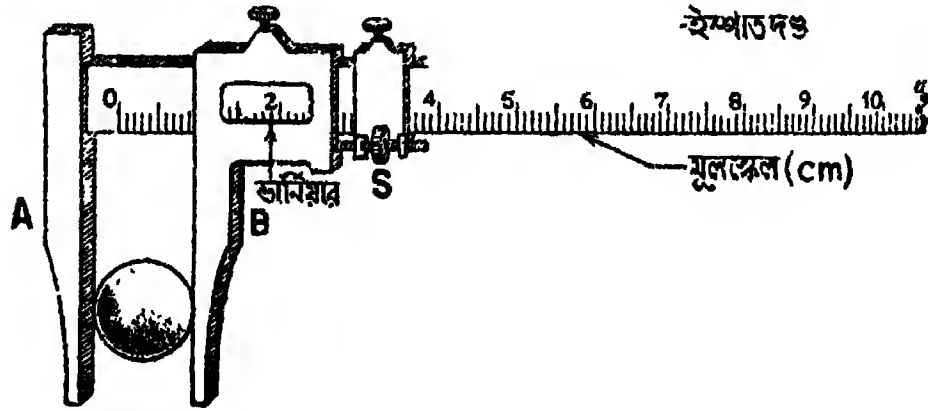
1-11. ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপের জন্য সাধারণত তিনটি যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। উহাবা হইতেছে (1) ভার্নিয়ার অথবা স্লাইড ক্যালিপার, (2) স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রো-মিটার ও (3) স্ফেরোমিটার। কি দ্রব্যের পরিমাপের দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহার উপর উহাদের যে-কোন একটির ব্যবহার নিভব করে। যেমন, স্ক্রু-গেজের ব্যাস মাপিতে স্ক্রু-গেজ সুবিধাজনক কিন্তু পাতলা পাতের বেধ (thickness) বা কোন বক্রতলের (spherical surface) বক্রতা-ব্যাসার্ধ (radius or curvature) মাপিতে স্ফেরোমিটার সুবিধাজনক। যিহ্মে তিনটির বিবরণ ও কামগ্রণালী বলা হইল।

1-12. ভার্নিয়ার বা স্লাইড ক্যালিপার (Vernier or Slide callipers) :

বিবরণ : 16 নং চিত্রে একটি স্লাইড ক্যালিপার দেখানো হইয়াছে। মূল স্কেলটি একটি ইস্পাতের দণ্ডের উপর কাটা হইয়াছে এবং উহা সেটিমিটার ও মিলিমিটারে ভাগ করা। দণ্ডের মে-দিক হইতে স্কেল স্বক সেইদিকে একটি দাঁড়া (jaw) A আছে। মূল স্কেলের গা বাহিয়া একটি ভার্নিয়ার চলাফেরা করিতে পারে এবং উহাকে আস্তে আস্তে সবাইবার জন্য একটি স্ক্রু-S লাগানো আছে। এই ভার্নিয়ারটির সঙ্গেও একটি দাঁড়া B আছে। যখন দুইটি দাঁড়া একসঙ্গে মিলিয়া থাকে তখন ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলে

C-দাগের সহিত মিলিয়া যায় এবং সে-ক্ষেত্রে যন্ত্রটির কোন যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental error) থাকে না। সাধারণ ক্ষেত্রে ভানিয়াবের 10 ভাগ



স্লাইড ক্যালিপার

চিত্র 1৬

মূল স্কেলের ৭ ভাগের সমান। মূল স্কেলের এক একটি ভাগ 1 মি. মি.।
বাড়ের ভানিয়াব স্থিরাক 0.1 সে. মি.।

ব্যবহার প্রণালী : যে-জিনিসটির দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে (1নং একটি ক্ষুদ্র বেলন বাস) উহাকে দাড়ি দুইটির মধ্যবর্তী স্থানে রাখিয়া ভানিয়াবটি আশে আশে সরাইতে হইবে যতখান পর্যন্ত না দুইটি দাড়ি বস্তুটির ঠিক পাশে আসে চৈকিয়া থাকে (1৬ নং চিত্র)। অতঃপর ভানিয়াবের 10-ভাগ মূল স্কেলের কত ভাগ পাবে হইয়াছে দেখিতে হইবে এবং পবে ভানিয়াবের কত মধ্যস্থ দাগ মূল স্কেলের দাগের সহিত মিলিয়াছে তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিতে হইবে। ভানিয়াবের এই পাঠকে ভানিয়াব স্থিরাক দিয়া গুল করিয়া মূল স্কেলের স্কেলের সর্বি-যোগ করিলে বস্তুটির বাস্তব নির্ভুলভাবে দুই দশমিক স্থান পর্যন্ত পাঠ্য হইবে।

বোন বোন ক্যালিপার্সে সে. মি. ও মি. মি.-এর পরিমাপে ইঞ্চিতে দাগ কাটা থাকে এবং উহান স্থিরাকও তদন্তযায়ী ভিন্ন হইতে পারে।

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

ক্যালিপার্স ব্যবহার করিতে গেলে প্রথমেই লক্ষ্য করিতে হইবে যে ইহাতে যান্ত্রিক ত্রুটি (instrumental error) আছে কি-না। অর্থাৎ, দাড়ি দুইটি মিলিয়া থাকিলে মূল স্কেলের 10-ভাগ ভানিয়াবের 10-ভাগের সহিত মিলিয়াছে কি-না। না মিলিলে যান্ত্রিক ত্রুটি আছে বুঝিতে হইবে। সে-ক্ষেত্রে যদি দেখা যায় যে ভানিয়াবের

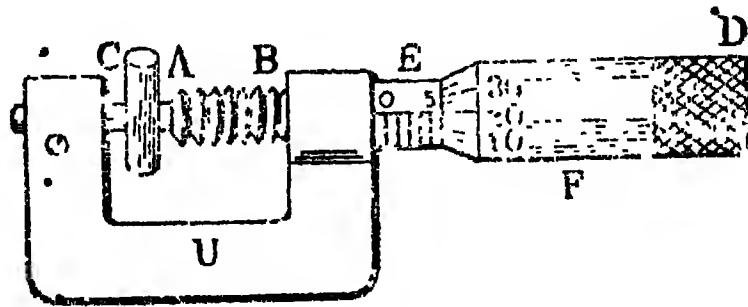
মাপের একক ও পদ্ধতি :

০-দাগ মূল স্কেলের ০-দাগের বামপাশে রহিয়াছে তাহা হইলে ঐ অবস্থায় ভার্নিয়ারের বে-পাঠ হইবে তাহা বস্তুটির নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ করিতে হইবে। আর যদি ভার্নিয়ারের ০-দাগ মূল স্কেলের ০-দাগের ডানদিকে থাকে তাহা হইলে ভার্নিয়ার পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। এইভাবে যান্ত্রিক ক্ষুদ্রপূর্ণ ক্যালিপার দ্বারাও প্রকৃত দৈর্ঘ্য বাহির করা যায়।

1-13. স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রোমিটার স্ক্রু (Screw Gauge or Micrometer Screw) :

খুব ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, যথা—সরু তারের বাস, পাতলা পাতের বেধ (thickness) প্রভৃতি নির্ভুলভাবে মাপিবার ক্ষমতা এই যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। 1চ নং চিত্রে ইহার ছবি দেখানো হইল।

বিবরণ : AB একটি ধাতব দণ্ড যাহা উপর দ্বক কাটা আছে। A প্রান্তটি খুব সমতল। এহু দণ্ডটি E কাণা চোখে ভিতর দিয়া সামনে-পিছনে যাতায়াত করিতে পারে। চোখটির উপর উঠান অক্ষের (axis) সমান্তরাল একটি মাইক্রোমিটার স্কেল কাটা আছে। যে টি যে দেখান উপর কটি সেই বেখাটিকে মান-বেখা (reference line) বলা হয়। চোখটির দ্বা দ্বিধা একটি



স্ক্রু-গেজ

চিত্র 1৮

বেষ্টনী F আছে, যাহার এক প্রান্তে একটি চক্রাকার (circular) স্কেল কাটা আছে। বেষ্টনীর অপর প্রান্তে অবস্থিত একটি টুপি (D) দ্বা দ্বিধা বেষ্টনী ও AB দণ্ড সামনে-পিছনে চলাচল করিতে পারে। E চোখটি একটি U-আকৃতি উম্পাত দণ্ড দ্বারা C দণ্ডের সহিত দৃঢ়ভাবে অটবানো থাকে। C-দণ্ডটির বে-প্রান্ত AB দণ্ডের A প্রান্তের মুখোমুখি তাহা খুব সমতল। D টুপিটি পুরাইলে

E চোঙের গা বাহিয়া F বেটনীর ঘূর্ণন হইবে এবং তাহার ফলে বেটনী ও AB দণ্ড সোজা হুজি অগ্রসর হইবে। কাজেই E চোঙের রৈখিক (linear) স্কেল লক্ষ্য করিলে F বেটনীর একবার পূর্ণ ঘূর্ণনের ফলে AB দণ্ডটি কতটা অগ্রসর হইল তাহা সহজেই জানা যাইবে।

যন্ত্রের ব্যবহার : এই যন্ত্রটি ব্যবহার কবিত্তে গেলে সর্বপ্রথম ইহার লঘিষ্ঠ ক্রবক (least count) বাহির করিয়া লইতে হইবে। যন্ত্রটি নিম্নতম কত দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম তাহা উক্ত লঘিষ্ঠ ক্রবক হইতে জানা যায়। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের মান-বেখার সহিত মিশাইয়া ক্ষুটি একবার পূর্ণ ঘূরাইতে হইবে। তাহাতে বেটনী বা AB দণ্ড বৈখিক স্কেল বরাবর যতটা সরিয়া আসিবে তাহাকে ক্ষু-পিচ (pitch) বলা হয়। ধরা যাউক বেটনীটি রৈখিক স্কেলের 1 ঘর সরিয়া গেল। তাহা হইলে ক্ষু-পিচ হইল 1 মি. মি.। এই পিচকে চক্রাকার স্কেলে মোট যে কয়টি দাগ আছে তাহা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রটির লঘিষ্ঠ-ক্রবক পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\text{লঘিষ্ঠ ক্রবক} = \frac{\text{ক্ষু-পিচ}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$$

[যদি চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে এবং পিচ হয় 1 মি. মি. তাহা হইলে ল. ক্র. = $\frac{1}{100}$ মি. মি. = 0.01 মি. মি. অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারে 100 ভাগের এক ভাগ পর্যন্ত সঠিক মাপিতে পারিবে।]

ধরা যাউক, একটি সরু চোঙের ব্যাস মাপিতে হইবে। চোঙটিকে C এবং A প্রান্তের মাঝখানে রাখিয়া D টুপিটি আশে আশে ঘুরাইতে হইবে যতদূর পর্যন্ত না চোঙটির দুই পাশে A এবং C প্রান্ত ঠেকিয়া যায়। E চোঙের বৈখিক স্কেলটির সবশেষ দৃষ্ট সংখ্যা পড়। চোঙে দেখা যাইতেছে (চিত্র নং 15) 5 মি.মি. পাব হইয়াছে। কাজেই রৈখিক স্কেল পাঠ 5 মি. মি.। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে পাওয়া যাইবে। তজ্জগু লক্ষ্য কব রৈখিক স্কেলের মান-বেখার সহিত চক্রাকার স্কেলের কোন্ দাগ মিলিয়াছে। এক্ষেত্রে 20 দাগ। তাহা হইলে চক্রাকার স্কেল পাঠ = 20। ইহাকে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ক্রবক দিয়া গুণ করিলে এবং রৈখিক স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে নির্দিষ্ট ব্যাস পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\begin{aligned}\text{চোঙটির ব্যাস} &= 5 \text{ mm.} + (20 \times 0.01) \text{ mm.} \\ &= (5 + 0.2) \text{ mm.} = 5.2 \text{ mm.}\end{aligned}$$

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

(1) এখানেও প্রথমে লক্ষ্য করিতে হইবে কোন যান্ত্রিক জট আছে কিনা। অর্থাৎ A ও C প্রান্তের মধ্যে কোন জিনিস না রাখিয়া উভয়কে মিশাইলে যদি চক্রাকার স্কেলের O-দাগ রৈখিক স্কেলের O-দাগের সহিত মিলিয়া যায় তবে যন্ত্র জটহীন। অত্যাধিক যন্ত্রটির জট আছে। ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে যন্ত্রে জট আসা স্বাভাবিক। সেক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় মিশিয়া গেলে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের O-দাগ পর্যন্ত না পৌছায় তবে ঐ অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া গেল তাহা নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। পক্ষান্তরে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের O-দাগ ছাড়িয়া যায় তবে ঐ অবস্থায় পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ দিতে হইবে।

(2) লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় বৃত্তকে যেন খুব জোরে চাপিয়া না পড়ে।

1-14. স্ফেরোমিটার (Spherometer) : এই যন্ত্রের দ্বারা অবতল (concave) বা উত্তল (convex) পৃষ্ঠের বক্রতা-রাসাদ অথবা পাতলা পাতের মোড় (thickness) মাপা যায়। স্ফেরোমিটারের মূলনীতি (principle) স্কু-গেজেরই মত।

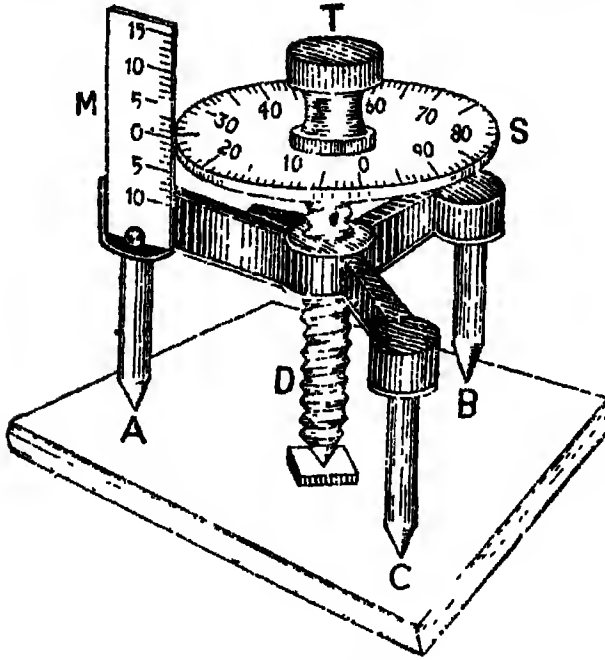
বিবরণ :

1 চিত্রে একটি স্ফেরোমিটার দেখানো হইয়াছে। A, B এবং C একটি ত্রিভুজ আশ্রিত এবং উহার একটি সমান্তর ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু। এই আশ্রিত মধ্যস্থল হইতে একটি প্যাড-কাটা দণ্ড (D) উপর নীচ বাহ্যিক কবিত্ব পাবে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত উপরোক্ত সমান্তর ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু স্পর্শ করিতে পারে। উপর প্রান্তে একটি চক্রাকার স্কেল (S) আটকানো আছে। চক্রাকার স্কেলের উপর একটি টুপি (T) আছে যাহা দ্বারা D-screwটিকে এবং সঙ্গে সঙ্গে চক্রাকার স্কেলটিকে ঘুরাইয়া উপর-নীচে চালানো যাইতে পারে। চক্রাকার স্কেলটি আবার একটি খাড়া রৈখিক স্কেলের (M) গা-বাহিয়া চলাচল করে। এই রৈখিক স্কেলটি O-দাগ মানের রাখিয়া উপরে এবং নীচে মিলিমিটারে ভাগ করা থাকে।

যন্ত্রের ব্যবহার : লঘিষ্ঠ বক্রক নির্ণয় :

স্কু-গেজের মত এই যন্ত্রেও সর্বপ্রথম লঘিষ্ঠ বক্রক বাহির করিতে হইবে। তৎপরে চক্রাকার স্কেলটির O-দাগ রৈখিক স্কেলটির

O-দাগের সহিত মিলাইয়া লইয়া T-টুপিটি দ্বারা চক্রাকার স্কেলটিকে সম্পূর্ণ



ফেরোমিটার
চিত্র 1ছ

একবার ঘুরাইয়া দিতে
হইবে ই হার ফলে
চক্রাকার স্কেলটি বৈশিষ্ট্য
স্কেলটির গা বাহিয়া যতটা
নামিবে বা উঠিবে তাহাই
হইল যন্ত্রটির পিচ। যদি
1 মি. মি. নামে ব
উঠে তবে পিচ হইবে
1 মি. মি.। ঐ পিচকে
চক্রাকার স্কেলের মোট
ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ
করিলে লখিষ্ঠ একক
মিলিবে। অতএব,

কু-পিচ.

ল প = -

চক্রাকার স্কেলের মোট সংখ্যা।

[যদি পিচ 1 মি. মি. এবং চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে তবে
ল. প. $\frac{1}{100}$ মি. মি. = 0.01 মি. মি.। অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারের 100
ভাগের এক ভাগ নির্ণয় মাপিতে সক্ষম।]

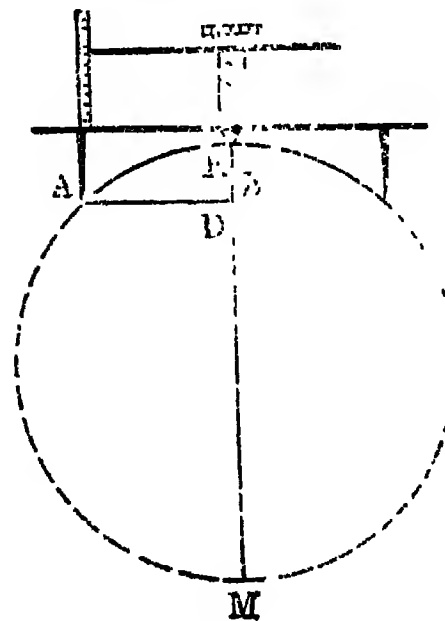
কাচপত্রের বেধ (thickness) পরিমাপ :

প্রথম যাতক, একপত্র কাচের প্লেটের বেধ মাপিতে হইবে। প্রথমে একটি
সমতল কাচপত্রে যন্ত্রটি বসাইয়া T-টুপি দ্বারা D-পাদবিন্দুটিতে আশ্রয়
ঘুরাইয়া কাচের সঙ্গে সজ লাগানিতে হইবে। লাগানো বেশী হইলে যন্ত্রটিকে
একটু স্পর্শ করিলেই ঠক ঠক করিবে। আর লাগানো কম হইলে D-পাদ-
বিন্দু ছায়াব গাঁহিত পাদবিন্দু দুইই কাচের ভিতর দিয়া লক্ষ্য করিলেই
দৃশ্য পড়িবে। এইভাবে D-পাদবিন্দুকে কাচের সহিত ঠিকভাবে লাগাইতে
হইবে। অতঃপর S-চক্রাকার স্কেল বৈশিষ্ট্য স্কেলের যে পূর্ণ মিলিমিটার
সংখ্যা পান হইয়া গিয়াছে তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। উহাই হইবে বৈশিষ্ট্য
স্কেল পাঠ। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে জানিতে হইবে। এইজন্য
লক্ষ্য করিতে হইবে যে চক্রাকার স্কেলের কোন দাগটি বৈশিষ্ট্য স্কেলের

অতঃপর যে-কাচথণ্ডের বেধ মাপিতে হইবে তাহা পূর্বের সমতল কাচ থণ্ডের মধ্যস্থলে স্থাপন কর যাহাতে D-পাদবিন্দুটি নামিয়া আসিয়া উহাকে স্পর্শ করিতে পারে (1ছ নং চিত্র)। T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে ঐ কাচথণ্ডের সহিত সঙ্গ স্পর্শ করাও এবং পূর্বের তায় বৈখিক ও চক্রাকার হেলের পাঠ লও। প্রাথমিক পাঠ ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তরফলই কাচথণ্ডের বেধ।

যদি কোন অবতল বা উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ মাপিতে হয় তাহা হইলে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠের প্রাথমিক পাঠ পূর্বের স্থায় লইতে হইবে। অতঃপর বক্রপৃষ্ঠটি ঐ সমতল কাচপৃষ্ঠের উপর বসাইয়া যন্ত্রটি ঐ বক্রপৃষ্ঠের উপর বসাইতে হইবে। প্রথমে T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে বেশ খানিকটা উচুতে তুলিয়া লইতে হইবে। অতঃপর আন্তে আন্তে টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুটিঃ নামাইতে নামাইতে পাদবিন্দুটিকে বক্রপৃষ্ঠের সহিত সঙ্গ স্পর্শ করাইতে হইবে। এই অবস্থায় বৈখিক ও চক্রাবার স্কেল হইতে যে-পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইল দ্বিতীয় পাঠ। প্রাথমিক ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তর, ধরা যাউক, h , (1-জ নং চিত্র)। অতঃপর A, B ও C পাদবিন্দুত্রয় (চিত্র নং 1চ) যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে তাহাদের বাহুত্রয়ের গড় দৈর্ঘ্য যদি 'a' বলা

চিত্র 1জ



চিত্র ১৩

হয় তবে বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা-মাপার 'R' নিম্নলিখিত সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাইবে।

$$R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

[সমীকরণের প্রমাণ :

ফেরোমিটার যন্ত্রের ভিত্তি পা যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে, মনে কর, ABO হইল ঐ ত্রিভুজ (1 নং চিত্র) । D এই ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু অর্থাৎ ফেরোমিটারের মধ্যস্থল হইতে যে পাঁচ-কাটা দণ্ড আছে উহার পাদবিন্দু D -কে স্পর্শ করিবে । F হইল BC বাহুর মধ্যবিন্দু ।

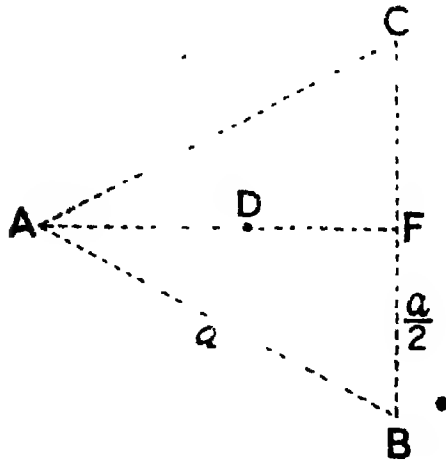
$$\text{অতএব, } AB = AC = BC = a, \text{ এবং } BF = \frac{BC}{2} = \frac{a}{2}$$

$$\begin{aligned} \text{কাজেই, } AF^2 &= AB^2 - BF^2 \\ &= a^2 - \frac{a^2}{4} = \frac{3}{4}a^2 \end{aligned}$$

$$\therefore AF = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

$$\text{কিন্তু, } AD = \frac{2}{3} \cdot AF = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}a = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

এখন 1 নং চিত্র দেখ । ফেরোমিটারের পাঁচকাটা দণ্ডের পাদবিন্দু বক্রপৃষ্ঠের D বিন্দুকে স্পর্শ করিয়াছে । পৃষ্ঠটি বক্র না হইয়া সমতল হইলে পাদবিন্দু D বিন্দুকে স্পর্শ করিত । সুতরাং $ED = h$ । এখন ED সরল রেখা টানিলে উহা বক্র-পৃষ্ঠের কেন্দ্রবিন্দু দিয়া চলিয়া যাইবে এবং বক্র-পৃষ্ঠের অপেক্ষে M বিন্দুকে স্পর্শ করিবে ।



চিত্র 1 নং

সুতরাং EM বক্রপৃষ্ঠের ব্যাসার্ধ বাস
অথবা $EM = 2R$

এখন, আমবা যন্ত্রের জ্যামিতি হইতে জানি,

$$AD^2 = EM \cdot DM$$

$$\text{বা, } \left(\frac{a}{\sqrt{3}} \right)^2 = h(2R - h)$$

$$\text{বা, } \frac{a^2}{3} = 2R \cdot h - h^2$$

$$\therefore R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$

1-15. ক্ষেত্রফলের পরিমাপ :

অনেক সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের জন্য উহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ অথবা উচ্চতা যোগিলেই ক্ষেত্রফল জানা যায় এবং ভানিয়ান, প্লাইড ক্যালিপার্স, ক্র-গেজ প্রভৃতি দ্বারা ঐগুলি পরিমাপ সম্ভব । নিম্নে কতকগুলি অযম (regular, সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের সূত্র দেওয়া হইল :

আয়তক্ষেত্রের (rectangle) ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ
 ত্রিভুজের (triangle) ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2} \times$ ভূমিবেধ (base) \times উচ্চতা (altitude)

বৃত্তের (circle) ক্ষেত্রফল = $\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2 = \pi \times \frac{(\text{ব্যাস})^2}{4}$

গোলকের (sphere) উপবতলেব ক্ষেত্রফল = $4\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2$
 $= \pi \times (\text{ব্যাস})^2$

চোঙের (cylinder) বক্র-পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল = $\pi \times \text{ব্যাস} \times \text{দৈর্ঘ্য}$

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি গোল বলের উপবতলেব ক্ষেত্রফল নির্ণয় কবিতে হইবে। প্লাইড্ ক্যালিপার্স দ্বারা বলটির ব্যাস মাপিয়া লইলে সহজেই ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। বাবণ,

গোলকের উপবতলেব ক্ষেত্রফল = $\pi \times (\text{ব্যাস})^2$

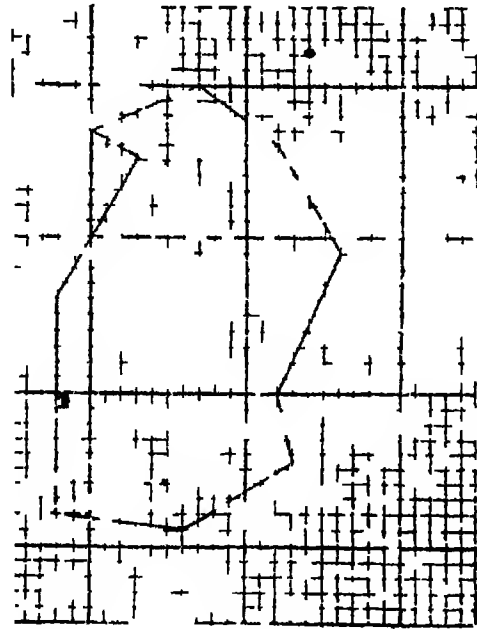
অসম আকৃতির ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় :

ক্ষেত্র অসম (irregular) আকৃতির হইলে ছব কাগজে (squared paper) সাহায্যে ক্ষেত্রফল সহজে নির্ণয় করা যায়। 1 ইঞ্চি ১০ টি ১০ পদটি বুঝানো সম্ভব। এত প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখা উচিত যে ছোট ছোট হইলে এত পদটি

দ্বারা নির্ণয় ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না।

একটি ছব কাগজ লও এবং উহা প্রত্যেক ক্ষুদ্র ঘরের বর্গক্ষেত্র নির্ণয় কর। সম্ভাব্যত যে ছব কাগজ পাওয়া যায় উহা প্রত্যেক ক্ষুদ্র ঘরের বর্গক্ষেত্র 1 sq inch এখন যে সমস্ত ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কবিতে হইবে উহা সমীচীন পেনসিল দিয়া ছব কাগজে আঁক (চিত্র দেখ)।

ক্ষেত্র খুব বৃহৎ হইলে তদনুযায়ী স্কেল নির্বাচন করিতে হইবে। যেমন, একটি ছোট ঘর অর্থাৎ 0.1 inch =



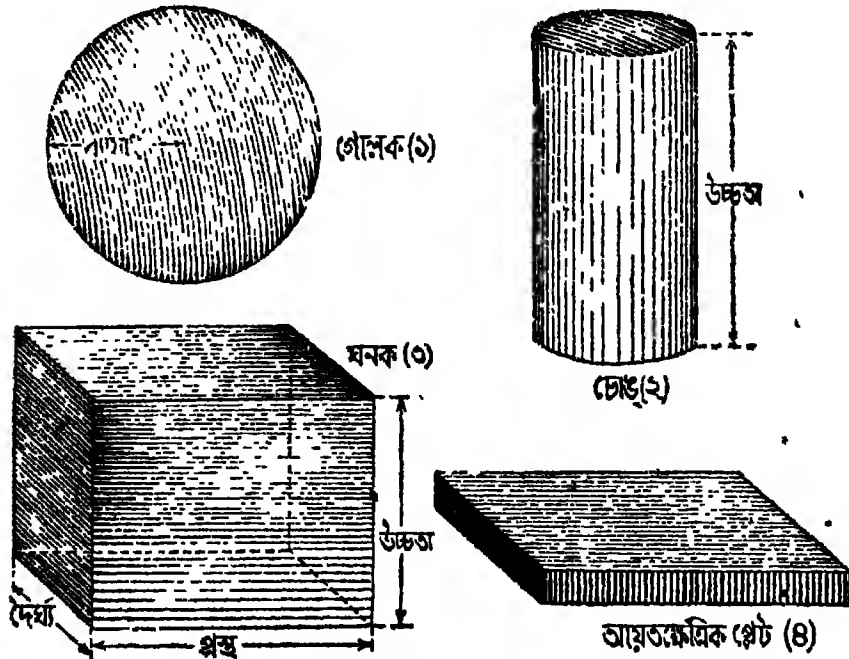
চিত্র 1৭

1 mile ধরিলে, দশটি ছোট ঘর 10 miles বুঝাইবে। এক্ষেত্রে সীমানা আঁকিবার স্কেল হইল 1 inch = 10 miles। এই সীমানার মধ্যে যে-কয়টি পূর্ণ ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র আছে তাহা গণনা কর। এইবার সীমানার মধ্যে অবস্থিত আংশিক বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিতে হইবে। যে বর্গক্ষেত্রগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার ভিতর আছে উহাদের পূর্বা বর্গক্ষেত্র ধরিবে এবং যেগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার বাহিবে আছে উহাদের বাদ দিবে। ঠিক অর্ধেক ভিতরে থাকিলে ঐরূপ দুইটিকে একটি পূর্ণ বর্গক্ষেত্র ধরিবে। এইরূপে সীমানার অন্তর্গত মোট বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিলে উহা হইতে সহজে ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যাইবে।

ক্ষেত্রফল = বর্গক্ষেত্রেব মোট সংখ্যা \times একটি বর্গের ক্ষেত্রফল।

1-16. আয়তনের পরিমাপ :

বস্তু স্ফটিক কঠিন বস্তু (solid figures) দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা মাপিলেই বস্তুটির আয়তন বাহির করা যায়। তজ্জগৎ আনবা ভানিয়ার স্কেল, স্লাইড



চিত্র 1ত

ক্যালিপার্স বা স্কু-গেজ ব্যবহার করিতে পারি। এখানে (চিত্র নং 1ত) কয়েকটি স্ফটিক আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তনের সূত্র দেওয়া হইল—

Parallelepiped-এর আয়তন = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ \times উচ্চতা।

ঘনক (cube) „ „ = দৈর্ঘ্য \times প্রস্থ \times উচ্চতা = (দৈর্ঘ্য)³

গোলকের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi r^3$ (r = ব্যাসার্ধ)।

খাড়া গোলমুখ (right circular) চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল \times উচ্চতা।

ধরা যাউক একটি খাড়া চোঙের আয়তন নির্ণয় করিতে হইবে। চোঙটির দৈর্ঘ্য ও গোল মুখের ব্যাস অন্যায়সে স্লাইড ক্যালিপার দ্বারা নির্ণয় করিয়া নিম্নলিখিত সূত্রদ্বারা আয়তন বার্তিব করা যাইবে।

খাড়া গোলমুখ চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল \times উচ্চতা

$$= \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

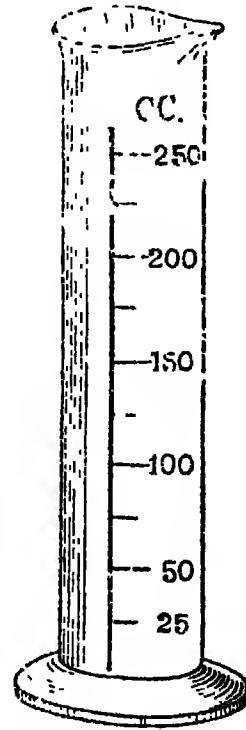
[d = গোলমুখের ব্যাস ও h = উচ্চতা]

অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন আকিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতি তৃতীয় পরিচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে (3-7 অঙ্কচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।

তরল পদার্থের আয়তন মাপিবাব জন্য ঘন সেন্টিমিটার (c.c) দাগ কাটা একপ্রকার আয়তন মাপক চোঙ (measuring cylinder) ব্যবহৃত করা হয়। 1ম নং চিত্রে একপ একটি চোঙ দেখানো হইল।

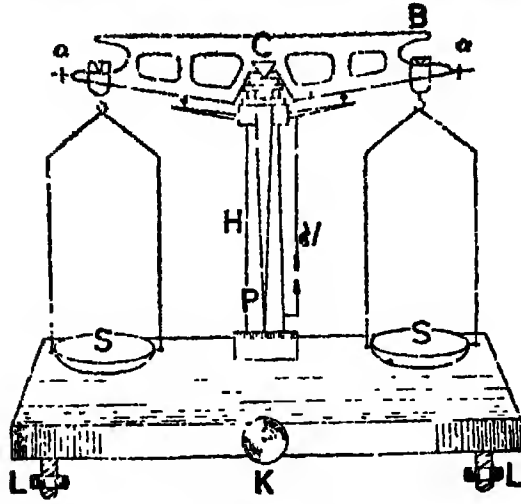
1-17. ভরের পরিমাপ (Measurement of mass) :

বিভিন্ন দ্রব্যের ভব মাপিবাব বিভিন্ন উপায় আছে। সাধারণত ভব মাপিবাব জন্য পরীক্ষাগারে যে-যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাহার নাম সাধারণ তুলা (common balance)। এই তুলার সাহায্যে কতগুলি প্রমাণ বাটখারার (standard weights) সহিত তুলনামূলক ভাবে কোন দ্রব্যের ভব নির্ণয় করা হয়। নিম্নে তুলার প্রধান অংশের বিবরণ দেওয়া হইল (1দ নং চিত্র)।



আয়তন মাপক চোঙ
চিত্র 1ম

(ক) **তুলাদণ্ড (Balance beam)** : ইহা একটি লম্বা দণ্ড (AB)।



সাধারণ তুলা
চিত্র 1দ

এই দণ্ডের ঠিক মাঝখানে একটি অ্যাগেট্ অথবা ইম্পাত-নিমিত ক্ষুরধার (knife-edge) ত্রিভুজাকৃতি টুকরা (C) শক্ত ভাবে আটকানো আছে। এই টুকরাটি একটি ছোট অ্যাগেট্ প্লেটেব উপর রাখা থাকে এবং অ্যাগেট্ প্লেটটি একটি খাড়া স্তম্ভ (pillar) H-এর ভিতর হইতে টুকানো একটি দণ্ডের (rod) উপর সংযুক্ত। K-চাবিটি ঘুরাইলে

দণ্ডটি উপরে উঠিতে বা নীচে নামিতে পারে। উপরে উঠাইলে C-এর উপর রক্ষিত তুলাদণ্ডটি C-এব ক্ষুরধারের উপর দোল খাইবে এবং নীচে নামাইয়া রাখিলে তুলাদণ্ডটি স্থির থাকিবে। C-এর এই ধারকে বলা হয় আলস্ব (fulcrum)।

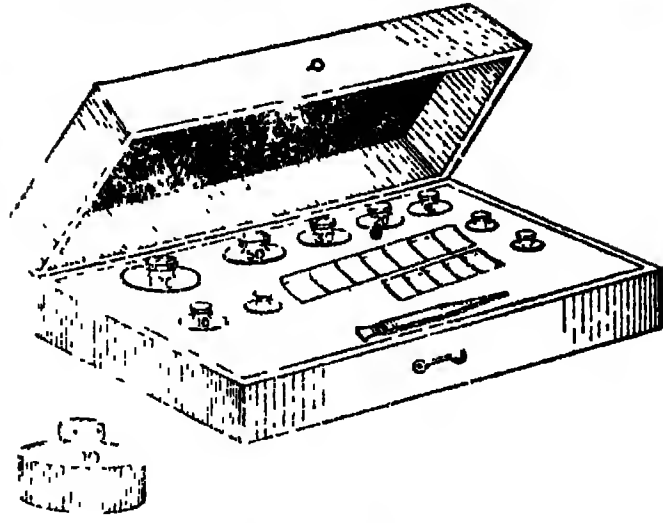
(খ) **সূচক (Pointer)** : ইহা একটি সরু কাঁটা এবং তুলাদণ্ডের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আবদ্ধ। যখন তুলাদণ্ডটি দোল খায় তখন সূচকটিও ঘুরিতে থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত (pointed end) স্কেলের গা ঘেঁষিয়া চলি চলি করে। তুলাদণ্ড স্থির থাকিলে তীক্ষ্ণ প্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া থাকে।

(গ) **তুলাপাত্র (Scale pan)** : S এবং S দুইটি সমান ওজনের পাত্র A এবং B প্রান্ত হইতে দুইটি স্তিরাপ (stirrup) দ্বারা কুলানো থাকে। বাম পাশের পাত্রে পরিণেয় দ্রব্যটি রাখিয়া ডানপাশের পাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখিতে হয়।

(ঘ) A এবং B প্রান্তে দুইটি জু (a, a) লাগানো আছে। তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ডটি যদি অরুভূমিক (horizontal) না হয় তাহা হইলে ঐ জু দুইটি ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া তুলাদণ্ডটি অরুভূমিক করিতে হয়।

(ঘ) **ওলন-দড়ি (Plumb line)** : প্রত্যেক তুলার সহিত একটি ওলন-দড়ি (V) থাকে। ইহার সাহায্যে স্তম্ভ H ঠিক খাড়া আছে কি-না বোঝা যায়।

(চ) ওজনবাক্স (Weight box) : যদিও বাক্সটি তুলার সংলগ্ন কোন অংশ নয় তথাপি তুলার সাহায্যে ভর মাপিতে এই বাক্সের প্রয়োজন। 1খ নং চিত্রে এই বাক্সের ছবি দেখানো হইল। এই বাক্সের বিভিন্ন খাপে বিভিন্ন ওজনের প্রমাণ বাটখারা সাজানো থাকে। যেমন, 100 গ্রাম, 50 গ্রাম ইত্যাদি। খাপ হইতে বাটখারা তুলিয়া তুলাপাত্রে রাখিবার জন্ত এটি চিম্টা (forcep) বাক্সের সহিত দেওয়া থাকে।



ওজনবাক্স
চিত্র 1খ

কোন দিননের ভর মাপিবার সময় তুলাটি হালকা দাবা যাহাতে বাধাপ্রাপ্ত না হয় তাহাৎ জন্ত যন্ত্রটিকে একটি কাচের গায়েব মনে বাধা হয়।

সাধারণভাবে তুলার ব্যবহার :

তুলাটির যদি কোনবকম ত্রুটি না থাকে তবে সাধারণভাবে বস্তুর ভর মাপিবার জন্ত নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করা হয়।

পারিমেয় যন্ত্রটিকে বাম তুলাপাত্রে রাখিয়া ডান তুলাপাত্রে ওজনবাক্স হইতে আন্দাজমত একটি একটি কবিয়া বাটখারা তুলিয়া রাখ এবং দেখ যে এখন তুলাদণ্ডটি অশূভ্রমিক হইল। তুলাদণ্ডটি অশূভ্রমিক হইলে সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত স্কেলের (০)-দাগের সহিত মিলিয়া থাকিবে : এ অংশের ডান তুলাপাত্রে বশিষ্ট বাটখারার মোট ভর দ্রব্যটির ভরের সমান।

(দ্রষ্টব্য : লেখকের ‘ব্যবহারিক পদার্থ-বিজ্ঞান’ পুস্তকে বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

একথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে, তুলাযন্ত্রে প্রমাণ বাটখারার ভরের সহিত তুলনামূলকভাবে বস্তুর ভর বাহির করা হয়।

ভাল তুলার আবশ্যকীয় গুণ (Requisites of a good balance) :

নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকিলে তুলাকে ভাল বলা হইবে :—

(1) তুলা স্নবেদী (sensitive) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ছই তুলাপাত্রে রক্ষিত ছই বস্তুর ভরের সামান্য ভ্রুফাং থাকিলে দণ্ডটি কাত হইয়া যাইবে—অন্তুভূমিক থাকিবে না।

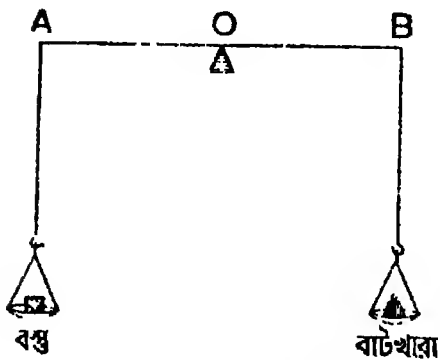
(2) তুলা নিভুল (true) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ঠিক সমান ভরের ছই বস্ত তুলাপাত্রে রাখিলে অথবা ছই তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ড অন্তুভূমিক হইবে।

(3) তুলা প্রতিষ্ঠ (stable) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, স্খলনটি একবার আন্দোলিত হইলে পুনর্বাধ সমা অবস্থানে শীঘ্র ফিরিয়া আসিবে—দীর্ঘ সময় বাবরা আন্দোলিত হইবে না।

(4) তুলা দৃঢ় (rigid) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, তুলার বিভিন্ন অংশগুলি যজবৃত হইবে।

1-18. তুলাযন্ত্রে ওজন করিবার নীতি (Principle of weighing by balance)

তুলাযন্ত্রে কোনরূপ ত্রুটি না থাকিলে এক তুলাপাত্রে পরিমেয় বস্তু রাখিয়া



ওজন করিবার পদ্ধতি

চিত্র 1৮ (1)

বলিতে পারি,

$$\text{বস্তুর ওজন} \times AO = \text{বাটখারার ওজন} \times BO$$

যেহেতু, $AO = BO$, কাজেই, বস্তুর ওজন = বাটখারার ওজন

অর্থাৎ, যেহেতু ওজন ভরের সমানুপাতিক সেইহেতু এক্ষেত্রে,

$$\text{বস্তুর ভর} = \text{বাটখারার ভর}$$

অন্য তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখারা চাপাইয়া তুলাদণ্ড অন্তুভূমিক করিলে বাটখারার মোট ওজনকে পরিমেয় বস্তুর ওজন বলিয়া গণা করা হয়। 1৮ (i) নং চিত্রে বস্তুর ওজন O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া তুলাদণ্ডকে ঘেদিকে ঘুরানিব যেটা দাববে বাটখারার ওজন তুলাদণ্ডকে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করিবে। তুলাদণ্ড অন্তুভূমিক হইলে আমরা

তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান না হইলেও আমরা বস্তুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করিতে পারি। মনে কর, AO এবং BO সমান নয়। ধর, $AO = x_1$ এবং $BO = x_2$.

মনে কর, বাম-তুলপাত্রে বস্তু রাখিয়া তুলাদণ্ডকে অন্তর্ভূমিক করিতে ডান তুলাপাত্রে W_1 বাটখারা চাপাইতে হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন W ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি,

$$W \times x_1 = W_1 \times x_2 \quad \dots(i)$$

এবং ডান তুলাপাত্রে বস্তু রাখিয়া বাম তুলাপাত্রে বাটখারা চাপাইতে হইবে। ধর, তুলাদণ্ডকে অন্তর্ভূমিক করিতে W_2 বাটখারা প্রয়োজন হইল। এক্ষেত্রে,

$$W_2 \times x_1 = W \times x_2 \quad \dots(ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ গুণ করিলে, $W^2 \times x_1 x_2 = W_1 \cdot W_2 \times x_1 x_2$

$$\text{or, } W^2 = W_1 W_2$$

$$\therefore W = \sqrt{W_1 W_2}$$

W_1 এবং W_2 জানা থাকায় বস্তুর প্রকৃত ওজন W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি তুলাযন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান নহে। কোন বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে ওজন যথাক্রমে 5.1 এবং 6.2 gms হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন কত ?

[The arms of a common balance are of unequal length. A substance when weighed in two scale pans, is found to be 5.1 and 6.2 gms in weight. What is the true weight of the substance ?]

উ। এস্থলে, $W_1 = 5.1$ gms এবং $W_2 = 6.2$ gms, $W = ?$

$$\text{আমরা জানি } W = \sqrt{W_1 W_2}$$

$$= \sqrt{5.1 \times 6.2}$$

$$= \sqrt{31.62}$$

$$= 5.62 \text{ gms (প্রায়)}$$

(2) অসমান দৈর্ঘ্যের তুল্যদণ্ডযুক্ত একটি তুলা ওজন নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা হইল। একটি বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া 100 এবং 102.01 gms আপাত ওজন পাওয়া গেল। তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[An ordinary beam balance, with unequal arms, is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102.01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

[H. S. (comp) 1962]

উ। মনে কর দুই বাহুর দৈর্ঘ্য x_1 এবং x_2 অর্থাৎ $AO = x_1$ এবং $BO = x_2$ [চিত্র 1ধ (i)]। বস্তু বাম তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (100 gms) ডান তুলাপাত্রে রাখিলে, $W \times x_1 = 100 \times x_2$... (i)

আবার, বস্তু ডান তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (102.01 gms) বাম তুলাপাত্রে রাখিলে,

$$W \times x_2 = 102.01 \times x_1 \quad \dots (ii)$$

$$\text{ভাগ দিলে, } \frac{x_1}{x_2} = \frac{100 \times x_2}{102.01 \times x_1}$$

$$\text{or, } \frac{x_1^2}{x_2^2} = \frac{100}{102.01}$$

$$\therefore \frac{x_1}{x_2} = \frac{10}{10.1}$$

1-19. পদার্থের ঘনত্ব (Density) :

কোন পদার্থখণ্ডের এক ঘন আয়তনের যতখানি ভর থাকে তাহাকে ঐ পদার্থের ঘনত্ব (density) বলা হয়। যদি কোন পদার্থখণ্ডের আয়তন ভব V এবং ভর হয় M তাহা হইলে তাহার ঘনত্ব, $D = \frac{M}{V}$

ঘনত্বের একক (Units of density) :

সি. জি. এস্. একক : যদি এক ঘন সেন্টিমিটারে এক গ্রাম ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয় :

পরীক্ষার জলকে 4° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী এক একক ঘনত্বের সমান।

এফ্. পি. এস্. একক : যদি এক ঘন ফুটে এক পাউণ্ড ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এক ঘনফুটে যতখানি জল ধরে তাহার ভর হইল 62.5 পাউণ্ড। সুতরাং এক. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী জলের ঘনত্ব হইল প্রতি ঘনফুটে 62.5 পাউণ্ড।

একথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোন পদার্থের সি. জি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী যে ঘনত্ব, এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী সে ঘনত্ব হইবে না। সুতরাং পদার্থের ঘনত্ব বলিলেই তাহার যথোপযুক্ত একক উল্লেখ করিতে হইবে। যেমন, যদি বলা হয় রূপার ঘনত্ব 10.5 তাহা হইলে ঠিক বলা হইল না। বলিতে হইবে, রূপার ঘনত্ব 10.5 গ্রাম প্রতি ঘ. সেন্টিমিটারে।

এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী রূপার ঘনত্ব 10.5 নয়। ইহা 10.5×62.5 পাউণ্ড প্রতি ঘনফুটে।

উদাহরণ :

(1) একটি লোহার টুকরার ভর 740 gms এবং উহার আয়তন 100 cc. , লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[The mass and the volume of a piece of iron are 740 gms. and 100 c.c. respectively. Calculate the density of iron.]

উত্তর। এম্বেলে, $M = 740$ gms

$$V = 100 \text{ c.c.}$$

$$\therefore D = \frac{M}{V} = \frac{740}{100} = 7.4 \text{ gms/c.c.}$$

(2) একটি ইস্পাতের গোলকের ব্যাসার্ধ যদি 1 cm ও ভর 32.7 gms হয় তবে ইস্পাতের ঘনত্ব কত ?

[If the radius and mass of a sphere of steel are respectively 1 cm. and 32.7 gms , what is the density of steel ?]

উত্তর। আমাদের জানা আছে যে, গোলকের আয়তন

$$= \frac{4}{3}\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^3$$

$$= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (1)^3 \text{ c.c.}$$

$$= \frac{88}{21} \text{ c.c.}$$

সুতরাং ইস্পাতের ঘনত্ব = $\frac{\text{গোলকের ভর}}{\text{গোলকের আয়তন}}$

$$= \frac{32.7}{\frac{88}{21}} = \frac{32.7 \times 21}{88} = 7.8 \text{ (প্রায়) gms/c.c.}$$

(3) 1 metre লম্বা এবং 1 cm. অভ্যন্তরীণ ব্যাসবৃত্ত একটি চোঙের খালি অবস্থায় ওজন 100 gms এবং তরলপূর্ণ অবস্থায় ওজন 150 gms; তরলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A cylindrical tube 1 metre long and 1 cm. in internal diameter weighs 100 gms. when empty and 150 gms. when filled with a liquid. Find the density of the liquid.]

উত্তর। তরলের ওজন = $150 - 100 = 50$ gms.

এ তরলের আয়তন = চোঙের অভ্যন্তরীণ আয়তন

$$= \pi (5)^2 \times 100 \text{ c.c.}$$

[চোঙের ব্যাসার্ধ = 0.5 cm.

„ দৈর্ঘ্য = 100 cm.]

$$\text{সুতরাং তরলের ঘনত্ব} = \frac{50}{\pi \times 5 \times 5 \times 100}$$

$$= \frac{50}{\pi \times 5 \times 5}$$

$$= \frac{2}{3.14} = 0.64 \text{ gm/c.c.}$$

ঘনত্বের পরিমাপ (Measurement of density) :

কোন পদার্থের ঘনত্ব মাপিতে হইলে উহার ভর ও আয়তন মাপিলেই চলিবে কারণ আগেই বলা হইয়াছে যে ভরকে আয়তন দিয়া ভাগ করিলে পদার্থের ঘনত্ব পাওয়া যায়। তুলাব সাহায্যে বস্তুর ভর বাহির করা যায় এবং বস্তুটি সুষম (regular) আকৃতির হইলে উহার আয়তন বাহির করার পদ্ধতিও আমবা পূর্বে দেখিয়াছি। সুতরাং বস্তুটি সুষম হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির করা খুবই সহজ।

বস্তু অসম (irregular) আকৃতির হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির করার প্রণালী পরে বর্ণনা করা হইয়াছে (চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।

1-20. বস্তুর ওজন (Weight of a substance) :

আমরা জানি যে কোন বস্তু মাটি হইতে কিছু উপরে তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা মাটিতে গিয়া পড়ে—উপরের দিকে উঠিয়া যায় না। ইহা হইতে স্বভাবতই মনে হয় যে মাটি ও বস্তুর ভিতর নিশ্চয়ই কোন আকর্ষণ আছে। প্রকৃত-পক্ষে পৃথিবী এবং পৃথিবী সকল বস্তুর ভিতরই এই আকর্ষণ বর্তমান। ইহাকে **অভিকর্ষ (gravity)** বলে এবং ইহা আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী-শ্রেষ্ঠ নিউটন।

এই অভিকর্ষের দরুন কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর বস্তুটিকে রাখিতে পারি না। এই বলকেই বস্তুর ওজন বলা হয়। সুতরাং কোন বস্তু উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন।

কোন বস্তুর ওজন স্থানভেদে বিভিন্ন হয়। বস্তুকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে যত উচ্চে নেওয়া যায় বস্তুর ওজন তত কমিয়া যায়। পৃথিবী-পৃষ্ঠেও বিভিন্ন স্থানে ওজন বিভিন্ন হইবে কারণ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বিভিন্ন স্থানের দূরত্ব সমান নয়।

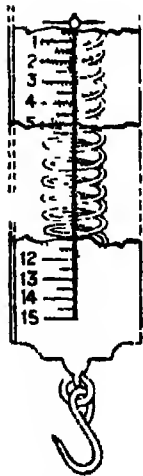
ওজনের পরিমাপ (Measurement of weight of a body)

কোন বস্তুর ওজন পরিমাপের অর্থ এই যে উহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণ-জনিত মোট বল কত তাহার পরিমাপ। স্প্রিং তুলা (Spring balance) নামক একপ্রকার যন্ত্রেব সাহায্যে তাহা বলা যায়।

স্প্রিং তুলা : 1নং চিত্রে একটি স্প্রিং তুলা দেখানো হইয়াছে। স্প্রিং তুলাব ভিতরের অংশ 1পনং চিত্রে দেখানো হইল।

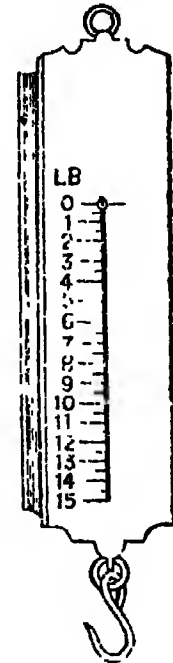
এই যন্ত্রে একটি ইস্পাতের স্প্রিংকে একটি ধাতব আবরণের ভিতর এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে স্প্রিংটির

এক প্রান্ত আবরণের উপরে একটি খাটাব



স্প্রিং তুলা
ভিতরের অংশ
চিত্র 1প

সহিত আটকানো এবং নিম্নপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত সংযুক্ত। এই দণ্ডের অপর প্রান্তে একটি চুক লাগানো থাকে। যে-বস্তুর ওজন নির্ণয় করিতে হইবে তাহাকে এই চুকে ঝুলাইয়া দেওয়া যায়। ধাতব আবরণের গায়ে পাউণ্ড অথবা গ্রামে দাগকাঠি একটি স্কেল অংকিত থাকে। স্প্রিংটির সহিত একটি সর্ক কাঁটা সূচকেব (pointer) কাজ করিবাব জন্ত লাগানো থাকে। স্প্রিংটি কোন কাবণে দৈর্ঘ্যে বাড়িলে সূচকটিও স্কেলের গা-বাড়িয়া নামিয়া আসে।



স্প্রিং তুলা
চিত্র 1ন

প্রথমে কয়েকটি জানা ওজন-সম্পন্ন বস্তু চুকে ঝুলাইয়া স্প্রিং কতটা দৈর্ঘ্যে বাড়ে এবং তাহার ফলে সূচকটি কোথায় দাঁড়ায় তাহা চিহ্ন করিয়া সেই মত

স্কেল কাটা হয়। পরে অজ্ঞাত ওজনের কোন বস্তু হকে ঝুলাইলে সূচক ঘেঁদাগের কাছে দাঁড়াইবে তাহাই হইবে বস্তুটির ওজন। মনে রাখিবে যে, স্প্রিংয়ের প্রসারণ বস্তুর ওজনের সমানুপাতিক।

সুতরাং দেখা যাউতেছে যে স্প্রিং তুল্য কার্যনীতি (principle of work) সরাসরি পৃথিবীর আকর্ষণের উপর প্রতিষ্ঠিত। কাজেই সরাসরি এবং দ্রুত ওজন মাপিতে গেলে এই যন্ত্রই সুবিধাজনক।

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার পার্থক্য :

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার নীতিগত পার্থক্য আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে সাধারণ তুলায় প্রমাণ বাটখারাব সঙ্গে তুলনামূলকভাবে কোন বস্তুর ভর মাপা হয়—বস্তুটির ওজন পাওয়া যায় না। কিন্তু স্প্রিং তুলার সাহায্যে সরাসরি বস্তুর ওজন মাপা হয়। যদি কোন বস্তুকে স্থান হইতে স্থানান্তরে লইয়া যাওয়া হয়, তবে তাহার ওজনের পার্থক্য সাধারণ তুলা দ্বারা ধরা যাইবে না। কারণ অভিকর্ষ বলের পরিবর্তন সমানভাবে বস্তু ও বাটখারাব উপর প্রযুক্ত হইবে এবং যেহেতু বস্তুটির ভর ঠিকই থাকে সেইহেতু একই পরিমাণ বাটখারাব বস্তুটিতে দুই জায়গাতেই সাধারণ তুলায় পরিমাপ করিবে। কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা বস্তুর এই ওজনের পার্থক্য ধরা যাইবে, কারণ বিভিন্ন স্থানে পৃথিবীর আকর্ষণ বিভিন্ন হওয়ায় স্প্রিং তুলার স্প্রিং-এব প্রসারণও বিভিন্ন হইবে। সুতরাং যে বস্তুর ওজন কলিকাতায় এক পাউণ্ড স্প্রিং তুলার সাহায্যে এখানে ওজন মাপিলে তাহা ভিন্ন দেখা যাইবে।

অতএব মনে রাখিবে যে, সাধারণ তুলা দ্বারা আমরা বিভিন্ন বস্তুর ভরের তুলনা করিতে পারি কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা ওজন মাপিতে পারি।

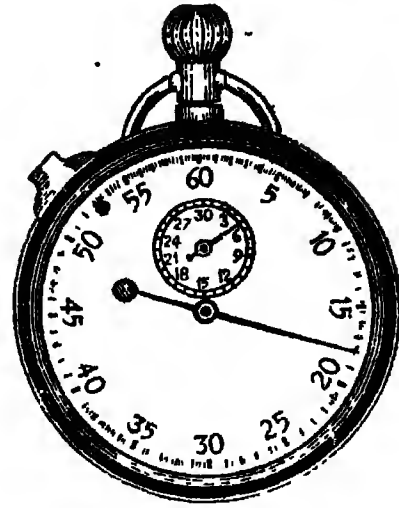
1-21. সময়ের পরিমাপ (Measurement of time)

কোন ঘটনা যদি একটি নির্দিষ্ট অবকাশ (interval) অন্তর ঘটে তবে তাহার দ্বারা সময়ের পরিমাপ করা চলে।

সাধারণত সময় মাপিবার জন্য আমরা ঘড়ি ব্যবহার করি। এই ঘড়ি নানারকম হইতে পারে; যেমন—সাধারণ ঘড়ি, ক্রোনোমিটার অথবা নিভূল সময় নির্দেশক ঘড়ি, stop-ঘড়ি অর্থাৎ যে ঘড়ি ইচ্ছামত চালানো বা বন্ধ করা

যায়। কোন কোন stop-ঘড়ি দ্বারা এক সেকেন্ডের 5 ভাগের এক ভাগ এমন কি দশভাগের একভাগ সময়ও নির্ণয় করা সম্ভব।

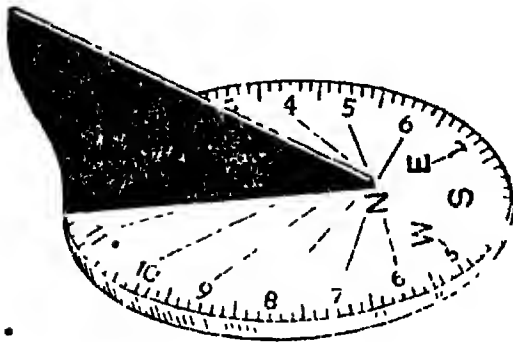
খ্রীষ্ট জন্মের 800 বছর পূর্বে Sun-dial নামক এক প্রকার যন্ত্রেব সাহায্যে সময় নির্ণয় করা হইত। একটি গোলাকার পৃষ্ঠে (surface) সময় নির্দেশক ঘণ্টা 1, 2 ইত্যাদি লেখা থাকে এবং একটি অস্বচ্ছ (opaque) বস্তু এই পৃষ্ঠে লম্ব (vertical) ভাবে আটকানো থাকে। সূর্যেব আলো এ অস্বচ্ছ বস্তুতে পড়িয়া



সপ-ঘড়ি

চিত্র 1ক

যে-দ্বারা সৃষ্টি করিত সূর্যের গতির সঙ্গে ঐ দ্বারা ঘণ্টার অঙ্কগুলিকে স্পর্শ করিয়া যাতিত। এইভাবে Sun-dial দ্বারা তখনকার দিনে সময় নির্দেশ করা হইত। 1ব নং চিত্রে একপ একটি Sun-dial দেখানো হইয়াছে।



Sun dial

চিত্র 1ব

1-22 কোণের একক
(Units of angle) :

একটি বৃত্তের সমগ্র পরিধিকে (circumference) সমান 360 ভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন কবে তাহাকে 'ডিগ্রী' (degree) বলা হয়।

সাধারণত কোণের পরিমাপ করা হয় এই ডিগ্রী একক দ্বারা। সমগ্র পরিধিকে সমান চাবভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন কবে, তাহাকে সমকোণ ধরা হয়। সুতরাং এক সমকোণে 90° আছে। ডিগ্রীর ক্ষুদ্রতর অংশগুলি নিম্নরূপ :

$$1' = 60' \text{ (মিনিট)}$$

$$1' = 60'' \text{ (সেনেও)}$$

এই পদ্ধতিকে ষষ্টিক পদ্ধতি (Sexagesimal measure) বলা হয়।

ইহা ছাড়া কোণ 'রাপিবায়' আর একটি একক আছে। উহার নাম রেডিয়ান (radian)। যদি কোন বৃত্ত হইতে ব্যাসার্ধের সমান দৈর্ঘ্য সম্পন্ন চাপ লওয়া হয়, তবে ঐ চাপ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোন উৎপন্ন করে তাহাকে এক রেডিয়ান বলে। এই পদ্ধতিকে বৃত্তীয়মান পদ্ধতি (circular measure) বলা হয়।

ডিগ্রী ও রেডিয়ানের ভিতর সম্পর্ক নিম্নরূপ :

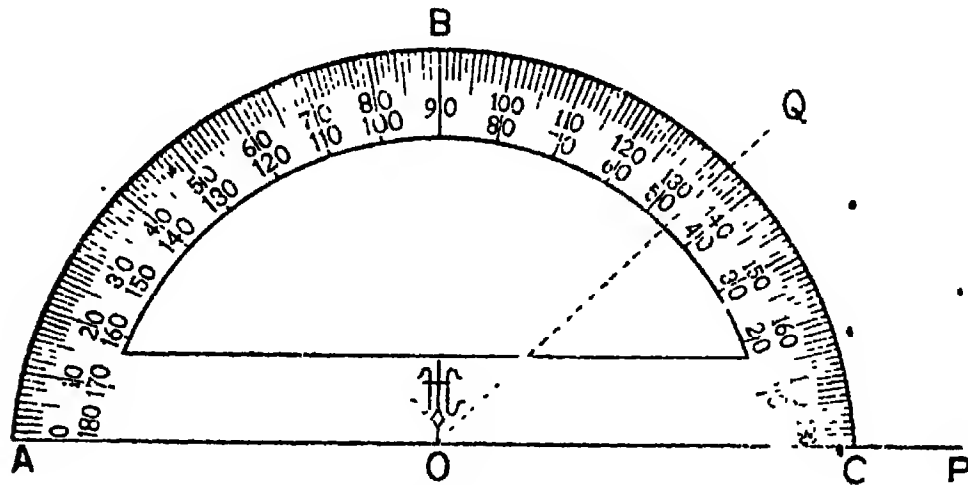
$$2\pi \text{ রেডিয়ান} = 360^\circ$$

$$\therefore 1 \text{ রেডিয়ান} = \frac{360}{2\pi} = 57.29^\circ \quad [\pi = \frac{22}{7}]$$

1-23. কোণের পরিমাপ (Measurement of angle) :

(1) চাঁদা বা প্রোট্র্যাক্টরের (Protractor) সাহায্যে :

ক্রম ও সহজে কোণ পরিমাপ করিতে হইলে চাঁদার সাহায্যে করা হইতে পারে। ইহা আকারে অর্ধবৃত্ত (semi-circle) বং দাতু, গাট-পাচী বা কাঠের পাতলা পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার পবিধিকে সমান



চাঁদার সাহায্যে কোণ নির্ণয়

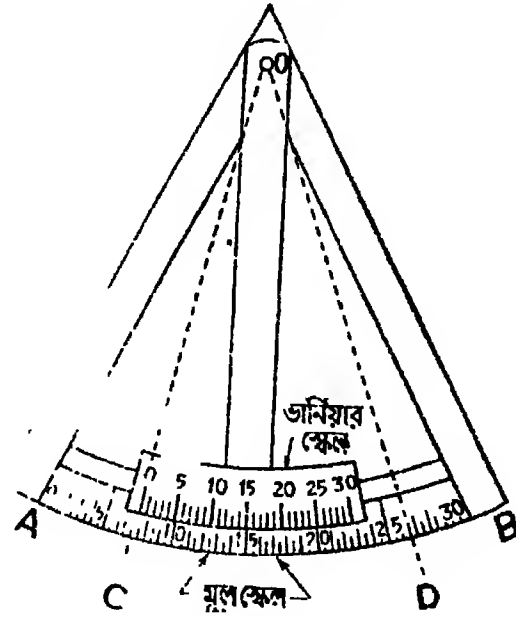
চিত্র 13

180 ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগেই গায়ে ডিগ্রীসূচক চিহ্ন লেখা থাকে। প্রত্যেক ডিগ্রীকে আবার দুই বা তিনভাগে ভাগ করা থাকে। ইহা হইতে এক ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত পরিমাপ করা যায়। 13 নং চিত্রে একটি চাঁদার আকৃতি দেখানো হইয়াছে। ABC হইল অর্ধবৃত্তাকার পরিধি যাহার গায়ে ডিগ্রী চিহ্ন লেখা আছে। O বিন্দু বৃত্তের কেন্দ্র।

ধর, $\angle POQ$ চাঁদার সাহায্যে মাপিতে হইবে। চাঁদাটিকে এমনভাবে রাখিতে হইবে যে AC রেখা কোণের যে-কোন বাহু—ধর, OP বাহুর সহিত মিশিয়া যায় এবং O বিন্দু কোণের শীর্ষবিন্দুর সহিত মেলে। এই অবস্থায় কোণের অপর বাহু অর্থাৎ OQ বাহু চাঁদার পরিধিকে ছেদ করিবে। এই বাহু যে-ডিগ্রী চিহ্নের ভিতর দিয়া যাইবে তাহাই হইবে উক্ত কোণের পরিমাপ। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে $\angle POQ = 45^\circ$ ।

কৌণিক ভানিয়ারের (Angular vernier) সাহায্যে :

চাঁদার সাহায্যে 1 ডিগ্রী অধিক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত মাপা চলে, কিন্তু কোন কোন কার্যে কোণেব আবণ্ড সূক্ষ্মতর পরিমাপ প্রয়োজন হয়। যেমন, স্পেকট্রোমিটার (Spectrometer), থিওডোলাইট (Theodolite), সেক্সট্যান্ট (Sextant) প্রভৃতি যন্ত্রেব সাহায্যে কোণেব সূক্ষ্মতর পরিমাপ সম্ভব এবং এই সমস্ত যন্ত্রে কৌণিক ভানিয়ারেব সাহায্য লওয়া হয়। 1ম নং চিত্রে একটি কৌণিক ভানিয়ার দেখানো হইল



কৌণিক ভানিয়ার
চিত্র 1ম

এই যন্ত্রে খাড়ুর পাতেব উপর অঙ্কিত একটি বৃত্তাকার স্কেল (AB) থাকে। ইহাকে মূল-স্কেল বলা হয়। এও স্কেলটি ডিগ্রীতে অঙ্কিত এবং প্রত্যেক ডিগ্রী আবার দুই ভাগে বিভক্ত। এই স্কেলেব গা বাহিয়া আব একটি ছোট স্কেল—ইহাকে কৌণিক ভানিয়ার স্কেল বলা হয়—চলাচল করিতে পারে। ইহাকে চলাচল করাইবার জন্য ইহাৰ সহিত একটি ঘূর্ণমান (rotating) বাহু যুক্ত থাকে। O বিন্দু হইল বৃত্তাকার মূল-স্কেল এবং ভানিয়ার স্কেল উভয়েবই কেন্দ্রবিন্দু। সূত্রবাং ঘূর্ণমান বাহু দ্বাৰা ভানিয়ার স্কেলকে মূল-স্কেলেব গা বাহিয়া সরাইলে উহা যে বৃত্তপথে ঘূরিবে O বিন্দু হইবে ঐ বৃত্তের কেন্দ্র।

এই যন্ত্রদ্বারা কোণ নির্ণয় করিতে গেলে সবপ্রথম ইহার ভানিয়ার স্থিরাঙ্ক

নির্ণয় করিতে হইবে। প্রথমত দেখিতে হইবে যে মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরগুলি এক ডিগ্রীর কত অংশ। চিত্রে $\frac{1}{2}$ ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। অতঃপর ভানিয়ার স্কেলে কত ঘর আছে তাহা গণনা কর। সাধারণত 30 ঘর থাকে। এইবার ঘূর্ণমান বাছ ঘুরাইয়া ভানিয়াবের 0-দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলাও। দেখিবে যে ভানিয়ারের শেষ দাগ মূল স্কেলের আর একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। ইহা হইতে নির্ণয় কর যে ভানিয়ারেব 30 ঘর মূল-স্কেলের মোট কত ক্ষুদ্রতম ঘরের সহিত মিলিল। উপবোক্ত ক্ষেত্রে দেখা যাইবে যে মূল-স্কেলের 29 ঘরের সহিত মিলিয়াছে।

সুতরাং এক্ষেত্রে লেখা যাউতে পারে যে,

$$30 \text{ ঘর ভানিয়াব} = 29 \text{ ক্ষুদ্রতম মূল-স্কেল ঘর}$$

$$\therefore 1 \text{ ,, ,, } = \frac{29}{30} \text{ ,, ,, ,, }$$

$$\text{সুতরাং ভানিয়াব স্থিতি} = \left(1 - \frac{29}{30} \right) \times \text{মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর}$$

$$= \left(\frac{1}{30} \times \frac{1}{2} \right)^\circ \text{ ডিগ্রী}$$

$$[\because \text{মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর} = \left(\frac{1}{2} \right)^\circ]$$

$$= \left(\frac{1}{60} \right)^\circ = 1'$$

সুতরাং এই ভানিয়াব দ্বারা এক ডিগ্রীর 60 ভাগেব একভাগ পর্যন্ত মাপা চলে। কোন কোন ভানিয়াবে আবও গুণ্য পরিমাপের ব্যবস্থা থাকে।

মনে কর,কৌণিক ভানিয়াব দ্বারা $\angle COD$ কোণ नापিতে হইবে। এক্ষেত্রে, ঘূর্ণমান বাছদ্বারা ভানিয়ারকে আন্তে আন্তে ঘুরাইয়া এমনভাবে রাখিতে হইবে যে ভানিয়াবের 0-দাগ OC রেখার সহিত মিলিয়া যায় (চিত্র দেখ)। অতঃপর দেখিতে হইবে যে ভানিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের কত দাগ পাব হইয়া গেল। উহা হইবে মূল-স্কেল পাঠ। এখন এক এক করিয়া ভানিয়ার দাগগুলি লক্ষ্য করিয়া যাও। দেখিবে ভানিয়াবের কোন একটি দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। ঐ দাগ পর্যন্ত ভানিয়ারের কত ঘর হইল গণনা কর। উহাকে ভানিয়াব স্থিতি দ্বারা গুণ করিয়া ঐ গুণফলের সহিত মূল-স্কেল পাঠ যোগ কর। ইহা হইবে OC রেখার কৌণিক অবস্থিতি। এইরূপে OD

রেখার কোণিক অবস্থিতি নির্ণয় কর। এই দুই পাঠের অন্তরফল হইবে $\angle COD$ কোণের সমান।

সারাংশ

রাশি দুই প্রকার—(১) স্কেলার ও (২) ভেক্টর।

এককের বিভিন্ন পদ্ধতি :—(১) সি. এস. ও (২) এক্. পি এস.।

তিনটি প্রাথমিক একক :—(১) দৈর্ঘ্য, (২) ভর ও (৩) সময়।

দৈর্ঘ্য মাপিবার যন্ত্র :—(১) স্কেল, (২) ভার্নিয়ার স্কেল, (৩) স্লাইড ক্যালিপার্স,

(৪) জু-গেজ, (৫) স্কেবোমিটার।

ভর মাপিবার যন্ত্র :—সাধারণ তুলা।

ঘনত্ব :—যদি ভর হয় 'M' এবং আয়তন 'V' তবে ঘনত্ব $D = \frac{M}{V}$

সময় মাপিবার যন্ত্র :—(১) সাধারণ ঘড়ি (২) Stop-ঘড়ি (৩) ক্রনোমিটার।

কোণের একক :—(১) ডিগ্রী (২) রেডিয়ান।

কৌণিক মাপিবার যন্ত্র :—(১) ট্যাংক বা প্রোটেক্টর (২) কৌণিক ভার্নিয়ার।

প্রশ্নাবলী

- একক কী? একক এবং এককের প্রয়োজনীয়তা কি? এককের বিভিন্ন পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।
[What is 'unit' and what is its utility? Explain the different systems of unit.]
- নিম্নলিখিত বাণিজ্যিক সংজ্ঞা লেখ :—(ক) সেন্টিমিটার, (খ) ফুট, (গ) কিলোগ্রাম, (ঘ) লিটার।
[Define the following quantities :—(a) Centimetre (b) Foot (c) Kilogramme (d) Litre.]
- নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রকাশ কর :—(ক) ফুটকে সেন্টিমিটারে, (খ) মিটারকে গাউ, (গ) পাউন্ডকে গ্রামে ও (ঘ) সেকেন্ডকে দিনে।
[Work out the following conversions :—(a) from foot to centimetre, (b) from metre to yard, (c) from pound to gramme & (d) from second to day.]

[Ans. (a) 30.48 (b) 1.0936 (c) 453.6 (d) $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$]

4. 'লিটার' ও 'গ্যালন' কাকে বলে ? গ্যালনকে লিটারে প্রকাশ কর ।
[Define a 'litre' and a 'gallon.' Express a gallon in litres.]
[Ans. 4.55]
5. একটি 100 yd. দৌড় প্রতিযোগিতাকে 100 metre-এ পরিবর্তন করা হইল । ইহাতে দৌড়টি কতখানি বৃদ্ধি পাইল তাক ফুট এবং ইঞ্চিতে প্রকাশ কর ।
[A 100 yd. racing track has to be converted into a 100 metre track. Find in feet and inches the additional distance a competitor has to run in the new track.] [H S. (Comp) 1963] [Ans. 28 ft. 3 inch]
6. সেবকে কিলোগ্রামে পরিণত কর । 1 মণ = 40 সেব = 82.2 lbs.
[Express a seer in kilogrammes. Given 1 maund = 40 seers = 82.2 lbs]
[Ans. 0.982 kgm.]
7. নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলির বিবরণ ও ব্যবহার লেখ :—(ক) স্ক্রু গেজ (খ) স্ফেরোমিটার ।
[Describe and explain the use of the following instruments :—(a) Screw-gauge (b) Spherometer.]
8. একটি বৃত্তের ব্যাস 14 cm., ; উহার ক্ষেত্রফল কত ?
[The diameter of a sphere is 14 cm. What is its surface area ?]
[Ans. 154 sq. cm.]
9. একটি পান্ডা গোলমুখ চোঙের উচ্চতা 7 ft. এবং উহার ব্যাস 2 ft চোঙটির আয়তন কত ?
[The height of a right circular cylinder is 7 ft. and its diameter is 2 ft What is its volume ?]
[Ans. 22 c. ft.]
10. একটি জলশযের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও গভীরতা সমান । উহাতে 1000 গ্যালন জল আছে । জলশযের গভীরতা মিটারে নির্ণয় কর ।
[The length, breadth and depth of a tank are all equal and it contains 1000 gallons of water. Find its depth in metres.]
[Ans. 1.66]
11. ভর মাপিবার যন্ত্রের নাম কি ? উহার বিবরণ দাও ও সাধারণভাবে ভর মাপিবার প্রণালী ও নীতি বর্ণনা কর ।
[What is the instrument of measuring the mass of a substance ? Describe it and explain the method and principle of measuring the mass.]

12. একটি তুলাবল্লের দণ্ডের দুই বাহু 20 cm. দীর্ঘ। এক পাতে 20 gm ওজনের একটি বাটখারা আছে এবং অপর পাতে একটি অজানা ওজনের বস্তু আছে। একটি 1 gm-wt ওজন তুলাদণ্ডের উপর বাধা হইল এবং আলম্ব হইতে বস্তু দিকে আসিতে আসিতে সরানো হইল। যখন 1 gm-wt ওজনটি আলম্ব হইতে 15 cm. দূরে রাখা হইল তখন তুলাদণ্ড অশূভমিক হইল। বস্তুর ওজন কত ?

[A common balance has equal arms, 20 cms in length. A weight 20 gms rests on one pan, while an unknown weight rests on the other. A one gm-wt is placed on the beam and moved from the pivot towards the unknown weight. When the one gm-wt is 15 cm. from the pivot equilibrium is restored. What is the unknown weight ?]

[Ans. 19.25 gms]

13. ঘনত্ব কাকে বলে এবং উহার একক কি ? ভল, আয়তন ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্বন্ধ কি ?

একটি কাঠের প্রকব দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 10 cm : উহার ভর 160 gm হইলে কাঠের ঘনত্ব কত ?

[What is density and what is its unit ? What is the relation between mass, volume and density ?]

A block of wood has length 5 cm, breadth 4 cm, and height 10 cm. If its mass is 160 gm, what is the density of wood ?]

[Ans. 0.8 gm/c.c.]

14. বস্তুর ওজন বলিতে কি বোঝ ? একটি সুন্দর নক্সার সাহায্যে স্প্রিং তুলার বিবরণ দাও। স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার কার্যপ্রণালীর পার্থক্য কি ?

[What do you mean by weight of a body ? Describe a spring balance with the help of a neat diagram. What is the difference in the principle of action between a spring balance and a common balance ?]

[H. S (Comp) 1962]

15. 'বস্তুর ওজনের' সংজ্ঞা লেখ। যে-যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজন সরাসরি মাপা যায় তাহার বিবরণ দাও। যন্ত্রের একটি সুন্দর নক্সা আঁক।

[Define 'weight of a body.' Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument.]

[H. S. Exam. 1960]

16. কোন স্থানে $g=980 \text{ cm/sec}^2$ এবং ঐ স্থানে একটি বস্তু, একটি স্প্রিং তুলার সাহায্যে দেখা গেল 75 gms ; সেখানে $g=981 \text{ cm/sec}^2$, সেখানে বস্তুর ওজন কত হইবে ?
[At a place where $g=980 \text{ cm/sec}^2$, the weight of a body, as measured by a spring balance, is found to be 75 gms. What will be the weight of the same body at a place where $g=981 \text{ cm/sec}^2$?]

[Ans. 75.075 gms]

17. 'ডিগ্রী' এবং 'রেডিয়ান' কাকে বলে ? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? কোণিক ভাণ্ডারের বিবরণ ও কাছপ্রণালী ব্যাখ্যা কর ।
[What are 'degree' and 'radian' ? What is their relation ? Describe and explain the use of an angular vernier.]

[Objective type questions]

18. নিম্নে কতকগুলি প্রস্তাব ও তৎসহ সম্ভাব্য উত্তর দেওয়া হইল । যে উত্তরটি তোমার সর্বাপেক্ষা নিঃশূল মনে হইবে তাকে \checkmark চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কর ।
- কুজ দৈর্ঘ্য পরিমাপের সর্বপ্রয়োজনীয় যন্ত্র কি ?
স্কেলোমিটার, কোণিক ভাণ্ডার, স্ক্রু-গেজ ।
 - 'গ্রাম প্রতি সেন্টিমিটার' কোন ব্যাণ্ডার একক ?
কেন্দ্রফল, ঘনত্ব, ওজন ।
 - সর্বসম্মত ওজন মান, যার কোন ঘনত্ব ?
স্প্রিং তুলা, সাধারণ তুলা ।
 - সি. জি. এস পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?
— ডিগ্রী, সেন্টিমিটার, ইঞ্চি ।

প্রথম পরিচ্ছেদ (অতিরিক্ত)

বলবিদ্যার প্রাথমিক আলোচনা

(Fundamentals of Mechanics)

1. স্থিতি (Rest) ও গতি (Motion) :

আমরা আমাদের চতুর্দিকে দৃষ্টি ফিরাইলে দেখি যে কোন কোন বস্তু সচল এবং কোন কোন বস্তু স্থির। যে-বস্তু সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে স্থান হইতে স্থানান্তরে অবস্থান করে তাহাকে আমরা সচল বা গতিশীল বলি, আর যদি একই স্থানে থাকে তবে তাহাকে বলি স্থির। যেমন, গাছপালা, বাড়ীঘর আমাদের নিকট স্থির, কিন্তু চলন্ত বেলগাড়ী, ছুটন্ত ঘোড়া প্রভৃতি গতিশীল। কিন্তু একটু চিন্তা করিলে দেখা যাইবে যে বাড়ীঘর প্রভৃতি যাহাকে আমরা স্থির বলিয়া দেখি তাহা প্রকৃতপক্ষে স্থির নয়। পৃথিবী প্রতি মুহূর্তে প্রচণ্ডবেগে ঘূর্ণন চতুর্দিক প্রদক্ষিণ করিতেছে। স্তত্রাং পৃথিবীর উপর অবস্থিত বাড়ীঘর প্রভৃতি স্থির থাকে কি করিয়া? মানুষ যদি অত্র গ্রহে যাইতে পারে এবং তথা হইতে পৃথিবীর বাড়ীঘরগুলিকে লক্ষ্য করিতে পারে তাহা হইলে দেখিবে যে, বাড়ীঘর গাছপালা সবষ্ট ক্রমাগত ছুটিতেছে। প্রকৃতপক্ষে এত বিধে কোন বস্তু স্থির নয় অর্থাৎ চরম (absolute) স্থিতি কি তাহা আমরা জানি না।

তবে স্থিতি বলিয়া কি কিছুই নাই? আমরা যাহাকে স্থির বস্তু বলিয়া দাঁখি, তাহা কি? সাধারণ ক্ষেত্রে পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি কোন বস্তু স্থান পরিবর্তন না করে তবে তাহাকেই আমরা স্থির বলি। আর পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি সে স্থান পরিবর্তন করে তবে বলি বস্তুটি গতিশীল। এই স্থিতি এবং গতিকে বলা যাইতে পারে আপেক্ষিক স্থিতি ও গতি। স্তত্রাং বস্তু গতিশীল কি স্থির তাহা উল্লেখ করিতে হইলে সাধারণত আমরা পৃথিবীকে স্থির মনে করিয়া বস্তুর আপেক্ষিক (relative) গতি ও স্থিতি উল্লেখ করিয়া থাকি।

* পাঠক্রম অনুযায়ী বলবিজ্ঞান একাদশ শ্রেণীর অন্তর্গত। কিন্তু সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান—
দশম ও দশম শ্রেণীর পাঠ্য—তাহা বুদ্ধিবৃত্তির জন্ত বলবিজ্ঞানের প্রাথমিক জ্ঞান প্রয়োজন।
স্বতন্ত্র ছাত্রদের সুবিধার্থে এই পরিচ্ছেদে উহা যুক্ত করা হইল।

2. চলন (Translation) ও ঘূর্ণন (Rotation):

গতি দুই প্রকারের হইতে পারে। বলা :—(1) চলন ও (2) ঘূর্ণন। যখন কোন বস্তু সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে তখন তাহার গতিকৈ চলন বলা হয়। যেমন, একটি পাথরকে কিছু উঁচু হইতে ফেলিয়া দিলে, পাথরটি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া পড়ে। সুতরাং পড়ন্ত পাথরটির গতিকে চলন বলা যাইবে।

কিন্তু যদি কোন বস্তু কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের চতুর্দিকে চক্রাকারে (circular) পরিভ্রমণ কবে, তবে তাহার গতিকে বলা হইবে ঘূর্ণন। চলন্ত সাইকেলের চাকার গতি, বৈদ্যুতিক পাখার গতি প্রভৃতি ঘূর্ণনের উদাহরণ।

চলন ও ঘূর্ণনের সমন্বয়ে বস্তুর গতি জটিল হইতে পারে। কিন্তু যত জটিলই হউক না কেন, প্রত্যেক জটিল গতি চলন ও ঘূর্ণনের মিশ্রণে হইতেছে তাহা প্রমাণ করা যায়।

3. চলন সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির সংজ্ঞা :

(ক) সরণ (Displacement): কোন বস্তু যদি একটি নির্দিষ্ট সময়ে এবং একটি নির্দিষ্ট দিকে স্থান পরিবর্তন করে তবে সেই পরিবর্তনকে সরণ বলা হয়। বস্তুটির প্রথম এবং শেষ অবস্থানের ভিতর যে রৈখিক দূরত্ব (linear distance) তাহাই বস্তুর সরণের পরিমাপ।

(খ) দ্রুতি (Speed): অবস্থান পরিবর্তনের হারকে (rate) দ্রুতি বলে। অর্থাৎ কোন বস্তু এক সেকেন্ডে যতটা দূরত্ব বাইতে পারে তাহাই বস্তুটির দ্রুতি। দ্রুতি বলিতে কোন রকম দিক নির্দেশের প্রয়োজন নাই; বস্তুটি সরল অথবা বক্র পথে বাইতে পারে।

(গ) বেগ (Velocity): বেগ আমাদের একটি আত সাধারণ অভিজ্ঞতা। আমরা আমাদের চতুর্দিকে অসংখ্য বিভিন্ন রকমের বেগবান বস্তু দেখিতে পাই। একটি মোটর গাড়ী বাস্তব দিয়া তীব্র বেগে চলিয়া যায়। কিন্তু ঘোড়ার গাড়ী বা রিক্সা অত বেগে যায় না।

রেলগাড়ী যখন কোন স্টেশনের কাছে আসে তখন উহার বেগ আন্তে আন্তে কমিতে থাকে, আবার স্টেশন ছাড়িয়া গেলে বেগ বাড়িতে থাকে।

একটি বল দোতলার সিঁড়ির উপর দিয়া ছাড়িয়া দাও। বলটি সিঁড়ি দিয়া গড়াইতে গড়াইতে নীচে পড়িবে। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে, বলটি যত নীচে নামতেছে তত উহার বেগ বাড়িতেছে।

ঢালু পাহাড়ের গা দিয়া পাথর গড়াইয়া দিলে উহা ক্রমশ নীচের দিকে, পড়িবে এবং ক্রমশ উহার বেগ বাড়িবে।

এইগুলি সবই বেগের উদাহরণ। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, কোন বস্তু যদি এমনভাবে চলে যে কোন নির্দিষ্ট সময়ে উহা একটি বিশেষ অভিমুখে নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে তবে ঐ বস্তুর একটি বেগ আছে। যেমন, কোন ট্রেন যদি সর্বদা নির্দিষ্ট দিকে এক ঘণ্টায় 50 মাইল দূরত্ব অতিক্রম করে তবে উহার বেগ হইবে ঘণ্টায় 50 মাইল।

বেগের একক : এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল foot per second এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল centimetre per second.

(ঘ) ত্বরণ (Acceleration)

যদি কোন বস্তুকণা ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলে তবে উহার বেগ পরিবর্তনের হারকে বলা হয় ত্বরণ।

ধব, কোন মুহূর্তে একটি বস্তুকণার বেগ সেকেন্ডে 32 ft , 10 সেকেন্ড সময় পবে উহার বেগ হইল সেকেন্ডে 52 ft. আরো 10 সেকেন্ড সময় পবে উহার বেগ দেখা গেল প্রতি সেকেন্ডে 72 ft. এবং উহা এইরূপ ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলিল। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 10 সেকেন্ড সময় পব পদ বস্তুকণাটির 20 ft. per second পরিমাণ বেগ পরিবর্তিত হইতেছে। তাহা হইলে উহার বেগ পরিবর্তনের হার প্রতি সেকেন্ডে $= \frac{20}{10} = 2$ ft. per second ; সুতরাং ইহাই বস্তুকণার ত্বরণ।

এখানে একটি জিনিস লক্ষ্য করিবে যে ‘প্রতি সেকেন্ডে’ (per second) কথাটি দুইবার আসিবে। একবার বেগ বুঝাইবার জন্ত এবং অপর বেগ পরিবর্তনের হার বুঝাইবার জন্ত। এইজন্ত ত্বরণের একক বলিতে ‘বর্গ সেকেন্ডে’ বা ‘per second per second’ কথা ব্যবহৃত হয়।

ত্বরণের একক : এফ. পি. এন্স. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল ‘foot per second per second’ এবং সি. জি. এন্স. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল ‘centimetre per second per second’.

(ঙ) মন্দন (Retardation) : যদি কোন বস্তুকণা ক্রমহ্রাসমান বেগ লইয়া চলে তবে তাহার বেগ পরিবর্তনের হারকে মন্দন বলে। মন্দনকে আমরা ঋণাত্মক (negative) ত্বরণও বলিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি বস্তুকণার কোন এক সময়ের বেগ দেখা গেল সেকেন্ডে 32 ft. ; 2 সেকেন্ড পর তাহার বেগ হইল সেকেন্ডে 28 ft. এবং আরো দুই সেকেন্ড সময় পর তাহার বেগ কমিয়া গাড়াইল সেকেন্ডে 24 ft. ; এই রকম বেগ কমিতে থাকিলে বলা হয় বস্তুটির মন্দন হইতেছে। এখানে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 2 সেকেন্ড সময় পরপর বস্তুটির বেগ কমিতেছে 4 ft. করিয়া। সুতরাং প্রতি সেকেন্ডে তাহার বেগ পরিবর্তিত হইতেছে $\frac{4}{2} = 2$ ft. প্রতি সেকেন্ডে। অর্থাৎ তাহার মন্দনের পরিমাণ প্রতি বর্গ সেকেন্ডে 2 ft.

4. নিউটনের গতিসূত্র (Newton's laws of motion) :

নিউটনের গতিসূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, কিভাবে বস্তু চলিতে আরম্ভ করে অথবা তাহার গতি স্থগিত বা মন্দীভূত হইতে পারে। আমরা জানি কোন স্থির বস্তুকে গতিশীল করিতে হইলে বাহির হইতে তাহার উপর কিছু আরোপ করিতে হয়। যেমন, একটি বলকে ধাক্কা দিলে বলটি চলিতে শুরু করে। এই যে বাহির হইতে ধাক্কা দেওয়া হইল, বিজ্ঞানের ভাষায় ইহাকে বলা হল বল (force) প্রয়োগ করা হইল। নিউটনের গতিসূত্র হইতে বস্তুর ভর, উহাৰ গতি এবং উহাৰ উপর প্রদত্ত বলের ভিতর সম্বন্ধ বাহির করা যায়।

প্রথম সূত্র : বাহির হইতে প্রযুক্ত (externally impressed) বল দ্বারা অবস্থাব পরিবর্তন না করিলে, অচল বস্তু চিরকাল অচল অবস্থাতেই থাকিবে এবং সচল বস্তু সমবেগে সরলবেগে অবলম্বন করিয়া চিরকাল চলিতে থাকিবে।

[Everybody continues in its state of rest or uniform motion in a straight line except in so far as it be compelled by external impressed force to change that state.]

দ্বিতীয় সূত্র : কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে প্রযুক্ত হয় ভরবেগের পরিবর্তনও সেই দিকে ঘটে।

[Rate of change of momentum is proportional to the impressed force and takes place in the direction in which the force acts.]

তৃতীয় সূত্র : প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

[To every action there is an equal and opposite reaction.]

5. প্রথম সূত্রের আলোচনা :

প্রথম সূত্র হইতে আমরা নিম্নলিখিত দুইটি বিষয় জানিতে পারি।

(1) পদার্থের জড়তা (Inertia of matter) এবং (2) বলের সংজ্ঞা।

পদার্থের জড়তা : প্রথম সূত্রে এই কথা বলা হইয়াছে যে, কোন জড় বস্তু যদি স্থির থাকে তাহা হইলে তাহার ধর্ম হইল চিবদিন স্থির থাকা এবং যদি গতিশীল হয় তবে তাহার ধর্ম হইল চিবদিন সমবেগে সমবলবেগায় গতি বজায় রাখা। পদার্থের এই ধর্ম অর্থাৎ যে অবস্থায় তাহাকে রাখা হইল সেই অবস্থাকে বজায় রাখার চেষ্টা—এই ধর্মকেই বলে পদার্থের জড়তা। সুতরাং জড়তাকে দুই ভাগে ভাগ করিয়া বলা যাইতে পারে, (1) স্থিতি জড়তা (inertia of rest) এবং (2) গতি জড়তা (inertia of motion)।

স্থিতি জড়তা সম্বন্ধে ধারণা কবা কিছু কঠিন নয়। কারণ আমাদের প্রতিদিনের অভিজ্ঞতাই হউল এই যে কোন বস্তুকে কোথাও যদি রাখি তবে ঘর্ষণ পর্যন্ত না তাহাকে দাড়া দেওয়া হইতেছে বা ঠেলা দেওয়া হইতেছে—অর্থাৎ বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হইতেছে ততক্ষণ পর্যন্ত সে ঐ জায়গাতেই থাকিবে। ইচ্ছা বস্তুটি চলিবে আরম্ভ কবে না। সুতরাং সাধারণ বুদ্ধি দ্বারা স্থিতি জড়তা বোঝা খুবই সহজ।

কিন্তু কোন বস্তুকে যদি মাটিতে গড়াইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। তাহা হইলে বস্তুটি চিবদিন গতিশীল হইল কোথায়? গতি জড়তার সত্যতা প্রমাণিত হইল কিরূপে? এখানে একটা কথা আমরা বলি নাই। স্কেটা হইতেছে এই যে, বস্তুটি মাটিতে গড়াইবার সময় বাহ্যিক বলের দ্বারা প্রভাবিত হইতেছে। মাটির সহিত ঘর্ষণজাত বল, হাওয়ার দ্বারা বাধা-প্রাপ্ত হওয়ার বল প্রভৃতি বস্তু উপর কাজ করে বলিয়া বস্তুটি কিছুক্ষণ পবে থামিয়া যায়। মাটিতে একটি বল গড়াইয়া দিলে বলটি যতদূর যাইবে মসৃণ মেঝে বা বরফের উপর তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী দূর যাইবে। কারণ মসৃণ মেঝে বা বরফে ঘর্ষণজাত বাধা মাটি অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং এই সব বাহ্যিক বল সম্পূর্ণ অপসারিত করিলে বস্তুটি সর্বদা গতি বজায় রাখিবে। এই ভাবে আমরা গতিজড়তা ধারণা করিয়া লইতে পারি।

(ক) যখন যাত্রীসহ কোন স্থির গাড়ী হঠাৎ বেগে চলিতে আরম্ভ করে তখন প্রত্যেক যাত্রীই পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে। ইহা স্থিতি জাড়োর একটি দৃষ্টান্ত। গাড়ী যতক্ষণ স্থির ততক্ষণ যাত্রীর দেহও স্থির। হঠাৎ গাড়ী চলিলে যাত্রীর দেহের নিম্নাংশ গাড়ীর সহিত সংলগ্ন বলিয়া গতিশীল হয় কিন্তু উর্দ্ধাংশ স্থিতি জাড়োর দরুন স্থির থাকিতে চেষ্টা করে। ফলে যাত্রী পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে।

(খ) ক্যাবম খেলিতে গিয়া তোমবা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে দুইটি ঘুঁটি একটি আব একটির উপর থাকিলে তলার ঘুঁটিটিকে ঝাইকার দিয়া সজোরে আঘাত করিলে তলার ঘুঁটিটি সরিয়া যায় কিন্তু উপরের ঘুঁটিটি না সরিয়া টুপ করিয়া তলার ঘুঁটিব জায়গা দখল করে। ইহাও স্থিতিজাড়োর উদাহরণ। আঘাত খুব জোরে এবং অল্প সময়ের মধ্যে হওয়ার ফলে উপরের স্থিতি ঘুঁটির স্থিতিজাড়া নষ্ট হয় না—উহা স্থিরই থাকে কিন্তু নীচেব ঘুঁটি সরিয়া যাওয়ায় উহা ঐ স্থান অধিকার করে, একটুও পাশে সরিয়া যায় না।

(গ) যখন চলন্ত গাড়ী হইতে কোন আবোহী অসাবধানে নামে তখন তাহাকে সামনেব দিকে পড়িয়া যাইতে দেখা যায়। ইহা গতিজাড়োর দৃষ্টান্ত। চলন্ত গাড়ীতে থাকার ফলে আবোহীর সমস্ত দেহই গতিশীল। কিন্তু মাটিতে পা দিবার সঙ্গে সঙ্গে তাহার দেহেব নিম্নাংশ স্থির হয় কিন্তু গতিজাড়োর দরুন দেহেব উর্দ্ধাংশ গতি বজায় রাখিতে চেষ্টা করে। ফলে, সন্মুখের দিকের পা দি সামলাইবার জন্য তাহাকে পিছনের দিকে নুঁকিতে দেখা যায়।

(ঘ) চলন্ত গাড়ীর কামবার কোন আবোহী যদি একটি বলকে সোজা উপরেব দিকে ছুঁড়িয়া দেয় তবে কিছুক্ষণ পরে বলটি আবার তাহার হাতে আসিয়া পড়ে, যদিও প্রতিমুহুরে আবোহী সামনের দিকে পানকটা আগাইয়া যায়। ইহাও গতিজাড়োর দৃষ্টান্ত।

বলের সংজ্ঞা : প্রথম সূত্র হইতে আমরা ইহাও জানিতে পারি যে, কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করিতে হইলে বাহ্যিক হইতে বস্তুটির উপর কিছু আবেগ করিতে হয়। স্থির বস্তুকে সচল করিতে বা সচল বস্তুকে স্থির অবস্থায় আনিতে অথবা জোরে কিংবা আন্তে চালাইতে হইলে বাহ্যিক কিছু প্রয়োগ না করিলে হয় না। বস্তু আপনা হইতে চলিতে পাবে না বা স্থির হইতেও পাবে না। বাহ্যিক হইতে যাহা প্রয়োগ করিয়া বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করা হয় বা পরিবর্তন করিবার চেষ্টা করা হয় তাহাকেই বল বলে।

৪. বল আলোচনা :

দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা বলের পরিমাপ এবং বল ও ত্বরণের বা মন্দনের সম্বন্ধ নির্ণয় করিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র আলোচনা করার পূর্বে ভরবেগ (momentum) সম্বন্ধে কিছু বলা প্রয়োজন।

ভরবেগ : ভর ও বেগের সমন্বয়ে কোন গতিশীল বস্তুতে যে-পর্মেব উৎপত্তি হয় তাহাকে ভরবেগ বলে এবং ইহা বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলেব সমান। যদি কোন বস্তুর ভর 'm' এবং বেগ হয় 'v', তবে উহার ভরবেগ = $m \times v$.

বলের পরিমাপ ও $P = mf$ সমীকরণ :

মনে কব, কোন বস্তুর ভর 'm' এবং উহা 'u' বেগে চলিতেছে। এখন 't' সময় ধরিয়া বস্তুর উপর যদি P-বল প্রয়োগ করা হয় তবে উহার বেগ পরিবর্তিত হইবে। ধরা যাউক 't' সময় পবে উহার বেগ হইল 'v'.

সুতরাং বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন = $mv - mu$

অথবা, ভরবেগের পরিবর্তনের হার = $\frac{mv - mu}{t} = \frac{m(v - u)}{t}$

$$= m \left[\because \text{ত্বরণ } f = \frac{v - u}{t} \right]$$

এখন, দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

$P \propto$ ভরবেগের পরিবর্তনের হার

$$\text{ধা. } P \propto m f$$

অতঃপর $P = K m f$ [K একটি ধ্রুবক]

এখন, যদি আমরা ধরিয়া লই যে একক ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া একক ত্বরণ সৃষ্টি করিতে পারে যে-বল, তাহা হইবে একক, অর্থাৎ $P = 1$, যখন $m = 1$ এবং $f = 1$, তাহা হইলে $K = 1$.

বলের এককের উপযুক্ত সংজ্ঞা অতঃপর আমরা দেখিতে পাইতেছি $P = mf$. অর্থাৎ বল = ভর \times ত্বরণ

ইহাই বলের মান নির্দেশক সমীকরণ।

উল্লিখিত সমীকরণ হইতে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারি :

(ক) যদি কোন বল কোন ভর m-এর উপর ক্রিয়া করিয়া f ত্বরণ সৃষ্টি করে, তবে,

$$\text{বলের পরিমাণ} = \text{ভর (m)} \times \text{ত্বরণ (f)}.$$

(খ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভর m -এর উপর এমন ভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ একই, তবে বস্তুর গতি ত্বরান্বিত হইবে এবং ত্বরণ $f = \frac{P}{m}$

(গ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভর m -এর উপর এমনভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ বিপরীত তবে বস্তুর গতি মন্দীভূত হয় এবং মন্দন $f' = -\frac{P}{m}$

বিভিন্ন পদ্ধতিতে বলের একক (Units of force in different systems): সি. জি. এস. পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় ডাইন (Dyne)—ইহা এমন বল যে এক গ্রাম ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গ সেকেন্ডে এক সেন্টিমিটার ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এফ পি. এস. পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয় পাউণ্ডাল (poundal)। ইহা এমন বল যে এক পাউণ্ড ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গ সেকেন্ডে এক ফুট ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এই দুই একক-কে অর্থাৎ ডাইন ও পাউণ্ডালকে চরম (absolute) একক বলে।

7. তৃতীয় সূত্রের আলোচনা:

দুই খাটক A এবং B দুইটি বস্তু। যদি A বস্তু B -র উপর বলপ্রয়োগ করে তাহা হইলে তৃতীয় সূত্রানুযায়ী B বস্তু A -র উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করিবে। A -র দ্বারা প্রযুক্ত বলকে যদি ক্রিয়া বলা যায় তবে B -র দ্বারা প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বলা হইবে। এই নিয়ম যে-কোন দুইটি বস্তুর বেলাতেই খাটিবে—বস্তু দুইটি সচল কি নিশ্চল হউক, সংস্পর্শে থাকুক কি না থাকুক। ইহাব বহু দৃষ্টান্ত আমাদের প্রতিনিয়ত দৃষ্টিগোচর হয়।

যেমন, তখন কোন আবোহী নৌকা হইতে লাফাইয়া তীরে পৌছায় তখন নৌকাটি পিছনে হটিয়া যায়। আরোহী নৌকার উপর যে-বল প্রয়োগ করে তাহার ফলে নৌকাটি পিছনে সবে এবং নৌকা আরোহীর উপর যে-সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে তাহার ফলে আবোহী তীরে পৌছায়।

বলবিজ্ঞানের প্রাথমিক আলোচনা

৪. চাপ (Pressure) :

প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) প্রযুক্ত বলের পরিমাণকে চাপ বলা হয়। যদি A ক্ষেত্রফলের উপর মোট P বল প্রযুক্ত হয়, তবে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর চাপ = $\frac{P}{A}$ ।

চাপের একক : সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে চাপের একক হইবে dynes / sq. cm. এবং এক. পি. এস্. পদ্ধতিতে একক হইবে poundals/sq. ft.

৯. মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ (Gravitation and gravity) :

এই বিশ্বে যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পদার্থকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণের মান বস্তুকণা দুইটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional)। ইহাই নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র।

পৃথিবীর উপর বা পৃথিবীর কাছাকাছি অবস্থিত কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে অভিকর্ষ বলা হয়। এই আকর্ষণের ফলেই গাছ হইতে ফল পড়িলে ফলটি পৃথিবীর অভিমুখে পড়িত হয় বা কোন বস্তুকে পড়িতে দিলে পৃথিবীর দিকে পড়ে।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন বল যদি কোন বস্তু উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর গতি দ্ব্যর্থক হয় অর্থাৎ একটি দ্রবণ সৃষ্টি হয়। সুতরাং অভিকর্ষ বলের ক্রিয়ার যখন কোন বস্তু পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাহারও একটি দ্রবণ হয়। এই দ্রবণকে বলা হয় অভিকর্ষজ ত্বরণ (acceleration due to gravity) এবং ইহাকে 'g' অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রমাণ করা যায় যে কোন স্থানে 'g'-এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ঐ স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-অনুপাতিক। সুতরাং দূরত্ব বাড়িলে 'g'-এর মান কমিবে এবং দূরত্ব কমিলে 'g'-এর মান বাড়িয়া যাইবে। এই কারণে ভূ-পৃষ্ঠে 'g'-এর মান পাহাড়ের উপর কোন স্থানের 'g'-এর মানের চাইতে বেশী। আবার পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়, মেরুপ্রান্তে একটু চাপা। সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে মেরুদ্বয়ের দূরত্ব নিরক্ষরেখার (equator) দূরত্বের চাইতে কম

এই কারণে মেট্রিক সিস্টেমে 'g'-এর মান নিরক্ষরেখায় g-এর মান হইতে বেশী।
নিম্নে দুই পদ্ধতিতে 'g'-এর গড় মান দেওয়া হইল :—

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 981 \text{ cm/sec}^2$

এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 32 \text{ ft/sec}^2$

10. বলের অভিকর্ষীয় একক (Gravitational unit of force) :

পূর্বে বলের চবম এককের কথা বলা হইয়াছে। ইহা ছাড়াও বলের আর একটি একক আছে। এই একক অভিকর্ষের উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া ইহাকে অভিকর্ষীয় একক বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম গ্রাম-ভার (gramme-weight)—এক গ্রাম ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই গ্রামভার।

কাজেই, $1 \text{ গ্রাম-ভার} = 1 \text{ গ্রাম} \times g = g \text{ ডাইন} = 981 \text{ ডাইন}$ ।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম পাউণ্ড-ভার (Pound-weight)—এক পাউণ্ড ভর সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই পাউণ্ড-ভার।

কাজেই, $1 \text{ পাউণ্ড-ভার} = 1 \text{ পাউণ্ড} \times g = g \text{ পাউণ্ডাল} = 32 \text{ পাউণ্ডাল}$ ।

11. বস্তুর ওজন (Weight of a body) :

কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি পুনর্ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর উহাকে রাখিতে পারি না। কেন এত বল অনুভূত হয়? কারণ, বস্তুটিকে পৃথিবী দ্বারা আকর্ষণ করিতেছে। অর্থাৎ, এই বল অভিকর্ষ বল (force of gravity)। কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন। সুতরাং মনে রাখিতে হইবে যে ওজন কয়ত একটি বল।

আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে জানি,

$$\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$$

কাজেই, কোন বস্তুর উপর অভিকর্ষ বল মাপিতে গেলে বস্তুর ভরকে অভিকর্ষ ত্বরণ দ্বারা গুণ করিতে হইবে এবং এই অভিকর্ষ বলকেই যখন ওজন বলা হয়, তখন বস্তুর ওজন $W = \text{ভর} \times \text{অভিকর্ষ ত্বরণ}$

$$= m \times g$$

সারাংশ

গতি দুই প্রকার :—(ক) চলন ও (খ) ঘূর্ণন।

নিউটনের প্রথম গতি সূত্র হইতে (1) পদার্থের জাড়া ও (2) বলের সংজ্ঞা জানিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করিতে পারি এবং তৎসংক্রান্ত সমীকরণ হইল $P = mf$

বলের চব্বম একক : (1) ডাইন এবং (2) পাউণ্ডাল।

বলের অভিকর্ষীয় একক : (1) গ্রাম-ভার এবং (2) পাউন্ড-ভার।

প্রশ্নাবলী

- নিম্নলিখিত বাণিগুণিত যগংগ সংজ্ঞা লিখ :—(1) বেগ (2) ত্বরণ (3) মন্দন।
[Define the following quantities —(1) Velocity, (2) acceleration (3) retardation]
- নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কর এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র উপস্থাপন দ্বারা, বুঝাইয়া দাও।
[State Newton's laws of motion and illustrate the first and the second law]
- নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা করিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে প্রথম সূত্র হইতে বলের সংজ্ঞা এবং দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করা যায়।
[State Newton's laws of motion and explain how from the first law a definition of force and from the second law measurement of force may be obtained]
- নিউটনের গতি সূত্র হইতে $P = mf$ সমীকরণটি প্রমাণ কর এবং তাহা হইতে দুই পদ্ধতিতে বলের চব্বম একক বর্ণনা কর।
[Establish the equation $P = mf$ from Newton's laws of motion and explain therefrom the absolute units of force in the two systems]
- বল এবং চাপের ভিত্তিপার্থক্য কি? উভয় এককের ত্বরণ।
[What is the difference between pressure and force? What are the units of pressure?]
- নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র কি? মহাকর্ষ ত্বরণ কত? কি বোঝায়? বিভিন্ন দূরত্ব ও দূরত্বের উপর কিরূপভাবে নির্ভর করে?
[What is Newton's Gravitational law? What do you mean by acceleration due to gravity? How does it depend upon distance?]
- অভিকর্ষ ত্বরণ বলিতে কি বোঝায়? সি. জি. এস. এবং এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে উহা কি একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়?
[What do you mean by 'acceleration due to gravity'? What are the units in which this quantity is expressed in the C. G. S. and F. P. S. systems?]
- বস্তুর ওজন বলিতে কি বুঝায়?
[What is meant by 'weight of a body'?]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

উদস্থিতি বিদ্যা [Hydrostatics]

2-1. সূচনা :

স্থির তরল পদার্থ কতগুলি বৈশিষ্ট্যের অধিকারী। এই বৈশিষ্ট্যগুলির আলোচনা করাই উদস্থিতি বিদ্যার উদ্দেশ্য। উদস্থিতি বিদ্যায় যে-তরলের কথা বলা হইবে এই তরল কয়েকটি গুণবিশিষ্ট। অর্থাৎ, তরলের সংনম্যতা (compressibility) থাকিবে না এবং তরল ঘর্ষণজাত (frictional) বল-প্রয়োগ করিবে না। তাছাড়া তরলের নিজস্ব আয়তন থাকে কিন্তু কোন বিশেষ আকার থাকে না—যে-পাত্রের বাখা যায় তরল সেই পাত্রেবই আকার ধারণ করে।

2-2. তরলের চাপ (Pressure of liquid) :

কোন বস্তুকে কোন তলের (surface) উপর রাখিলে বস্তু ঐ তলের উপর নিজেব ওজনের সমান বল প্রয়োগ করিবে। ইহাতে ঐ তল যে ঘাত (thrust) সহ্য করিবে তাহা শুধু যে বলের উপর নির্ভর করে তাহা নয়, ঐ বস্তু ও তলের সহিত সংস্পর্শযুক্ত ক্ষেত্রফলের উপরও নির্ভর করিবে। কোন ব্যক্তি যদি আলুগা বালির উপর দাঁড়াইবার চেষ্টা করে তবে তাহার পা বালির ভিতর গভীর ভাবে ঢুকিয়া যায় কিন্তু বালির উপর শুইয়া পড়িলে সমস্ত দেহ বালির ভিতর অত গভীর ভাবে ঢুকিবে না। দাঁড়াইয়া থাকিবার সময় ব্যক্তির দেহের সমস্ত ওজন তাহার পায়ের ক্ষেত্রফলের উপর পড়িতেছে, কাজেই প্রতি বর্গ ইঞ্চি বালিতে বেশী বল পড়ায় বালি বেশী পরিমাণে সবিয়া যায়। শুইয়া থাকিলে বালির উপর যে বল পড়িবে তাহা পূর্বের মত দেহের ওজনের সমান হইলেও, ঐ বল অনেকখানি ক্ষেত্রফল ব্যাপিয়া পড়িবে। সুতরাং প্রতি বর্গইঞ্চি বালিতে বলের পরিমাণ এক্ষেত্রে পূর্বাপেক্ষা অনেক কম হইবে। কাজেই, দেহ বালির ভিতর বেশী ঢুকিবে না।

সমনতলভূমিতে মানুষ যখন হাঁটিয়া যায়, তখন ভূমির সহিত সংলগ্ন পায়ের ক্ষেত্রফলের উপর মানুষের দেহের ওজন ক্রিয়া করে। কিন্তু পাথরটুকরার উপর

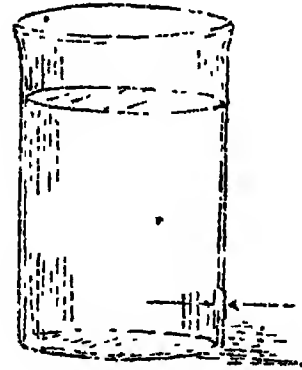
বিশেষতঃ তরল পদার্থের উপর হাটলে পারে বেশ বাধা লাগে কারণ তখন খুব অল্প ক্ষেত্রফলের উপর মেহের ওজন ক্রিয়া করে।

সুতরাং কোন তরলের উপর বলের ক্রিয়া বিবেচনা করিবার সময় সমস্ত বলের কথা চিন্তা না করিয়া প্রাতি একক ক্ষেত্রে বলের কথা চিন্তা করিতে হইবে। ইহাকেই চাপ (Pressure) বলা হয়।

তরল পদার্থের সহিত কোন বস্তুর সংস্পর্শ ঘটিলে তরল অতরুপভাবে ঐ বস্তুর উপর চাপ প্রদান করিবে। প্রাতি একক ক্ষেত্রে (unit area) তরল যে বল-প্রয়োগ করে, তাহাকে তরলের চাপ বলে।

পরীক্ষা : (1) একটি লম্বা জার জলপূর্ণ কর। এখন একটি টেস্টটিউবের বন্ধমুখ নীচের দিকে করিয়া জলের ভিতর খানিকটা ডুবাও এবং পরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে টেস্টটিউবটি লাফ দিয়া জলের বাহিরে পড়িবে। টেস্টটিউবের তলায় জলের চাপ পড়ে বলিয়া এইরূপ হয়।

(2) দেওয়ালে ছিদ্র আছে এরূপ একটি পাত্রে জল ঢাল (2ক নং চিত্র)। দেখিবে ছিদ্র দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে। ছিদ্রের আকারেব সমান একটি চাকুতি ছিদ্রের মুখে রাখিয়া জল-প্রবাহ বন্ধ করা যায়। কিন্তু চাকুতিটিকে স্থির রাখিতে হইলে উহার উপর বাহির হইতে জলপ্রবাহেব বিপরীত দিকে বল-প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং ইহা হইতে বোঝা যায় যে জল পাত্রের দেওয়ালে বল প্রয়োগ করে।



চিত্র 2ক

2-3. কোন বিন্দুতে তরলের চাপ (Pressure of a liquid at a point) ও ঘাত (Thrust) :

যে-বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয় করিতে হইবে উহার চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল করিয়া একটি ছোট ক্ষেত্রফল A বস্তুনা কর। যদি মনে করা যায় যে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট বল F প্রয়োগ করিতেছে, তবে ঐ বিন্দুতে তরলের চাপ হইবে $F \div A$

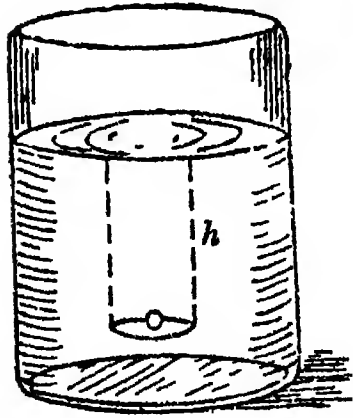
ঘাত বলিতে ঐ ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট যে বল প্রয়োগ করিতেছে, তাহাই বুঝায়। অর্থাৎ, ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল।

সি. মি. এন্. পদ্ধতিতে ঘাতের একক তাইন কিন্তু চাপের একক তাইন প্রতি বর্গ সে. মি.।

এক. পি. এন্. পদ্ধতিতে ঘাতের একক পাউণ্ডাল কিন্তু চাপের একক পাউণ্ডাল প্রতি বর্গ ফুট।

2-4. তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ নির্ণয় (Calculation of pressure at a point in a liquid) :

মনে কর, একটি পাত্রে খানিকটা তরল রাখা হইল এবং তরলের ভিতর 'h' গভীরতায় একটি বিন্দু O আছে (2খ নং চিত্র)। O বিন্দুতে তরলের চাপ কত তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। O বিন্দুর চতুর্দিকে তরলের উপরতলের



চিত্র 2খ

সমান্তরাল একটি একক ক্ষেত্রফল ধরুন। কন এবং এই ক্ষেত্রফলের সীমানা হইতে কতকগুলি লম্ব তরলের উপরতল পর্যন্ত টান। ইহা ফলে তরলের একটি চোঙ (cylinder) পাওয়া যাইবে। এই তরলের চোঙের মাত্রা প্রদান, তাহা হইল O বিন্দুর চতুর্দিকে একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল। অর্থাৎ, এই তরল চোঙের ওজন O বিন্দুতে তরলের চাপের সমান।

চোঙটির আয়তন $= h \times 1$ [কারণ চোঙটির গে লম্বের ক্ষেত্রফল $= 1$]

সুতরাং চোঙটির ভর $=$ আয়তন \times ঘনত্ব

$$= h \times 1 \text{ [যদি } d \text{ তরলের ঘনত্ব ধরা যায়]}$$

অর্থাৎ, চোঙটির ওজন $=$ ভর $\times g$

$$= h \times d \times g$$

সুতরাং O বিন্দুতে চাপ $P = h d g$

অর্থাৎ চাপ $=$ গভীরতা \times ঘনত্ব \times অভিকর্ষজ ত্বরণ।

অথবা, চাপ \propto গভীরতা \times ঘনত্ব [কারণ 'g' ধ্রুবক]

এই কারণে চাপকে গভীরতাব চাপ প্রকাশ করিবার একটি বিকল্প পদ্ধতি আছে। যেমন, অনেক সময় বলা হয় যে '100 ft জলের চাপ' ইহা অর্থ যে 100 f গভীরে জলের যে চাপ হইবে তাহা।

~~উদাহরণ :~~

(1) কোন তরলের ভিতর 200 cm গভীরতায় কোন বিন্দুতে চাপ কত নির্ণয় কর। তরলের ঘনত্ব 1.03 gms/cc.

[Calculate the pressure at a point 200 cm deep in a liquid having density 1.03 gms/cc.]

উ। এখানে $h=200$ cm. ; $d=1.03$ gms/cc. $g=981$ cm/sec²

$$\begin{aligned} \text{নির্দিষ্ট বিন্দুতে চাপ, } P &= h.d.g = 200 \times 1.03 \times 981 \\ &= 202086 \text{ dynes/sq.cm.} \end{aligned}$$

(2) একটি চোঙের ব্যাস 14 cm. ও উচ্চতা 40 cm. ; চোঙটি পারদ (ঘনত্ব 13.6 gms/cc.) দ্বারা পূর্ণ করিলে উহা তলদেশে কত ঘাত পড়িবে ?

[The diameter of a cylinder is 14 cm and its height 40 cm. If the cylinder is full of mercury (density = 13.6 gms/cc.) what is the thrust on the bottom of the cylinder ?]

উ। চোঙটির তলদেশে যে-কোন বিন্দুতে চাপ

$$P = h.d.g = 40 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes/sq cm.}$$

$$\text{চোঙটির তলদেশের ক্ষেত্রফল} = \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 7 \times 7 = 154 \text{ sq.cm.}$$

সুতরাং, তলদেশে ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল

$$= 40 \times 13.6 \times 981 \times 154 \text{ dynes.}$$

$$= 82184256 \text{ dynes.}$$

(3) একটি নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 8 sq cm. এবং উহাতে এমনভাবে সীসা ভর্তি করা হইল যে নলের মোট ওজন হইল 40 gm. তলের ভিতর ঐ নলটি কত গভীরতা পর্যন্ত ডুবিয়া যাইবে ? কোন তরলে উহা 2.5 cm ডুবিয়া গেলে ঐ তরলের ঘনত্ব কত ?

[A tube whose area of cross-section is 8 sq.cm. is loaded with lead shots till its total weight is 40 gms. To what depth will it sink in water and what is the density of a liquid to which it sinks to a depth of 2.5 cm ?]

$$\text{উ। নল কর্তৃক প্রদত্ত চাপ} = \frac{\text{ওজন}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{40}{8} = 5 \text{ gms-wt per sq.cm.}$$

$$\text{এখন, গভীরতা} = \frac{\text{চাপ}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ জলে নলটি 5 cm ডুবিয়া যাইবে।

$$\text{বিভিন্ন তরলের বেলাতে, ঘনত্ব} = \frac{\text{চাপ}}{\text{গভীরতা}} = \frac{5}{2.5} = 2 \text{ gms/c.c.}$$

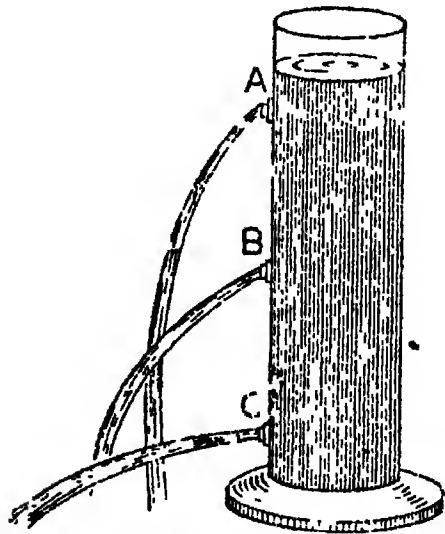
$$\text{অর্থাৎ ঐ তরলের ঘনত্ব} = 2 \text{ gms/c.c.}$$

2-5. তরলের চাপের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য (Some characteristics of liquid pressure) :

(ক) স্থির তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে (Pressure at a point within a liquid at rest, depends on the depth of the point) :

তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করিতে গিয়া আমরা দেখিয়াছি যে চাপ গভীরতার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গভীরতা বাড়িলে চাপ বাড়ে এবং গভীরতা কমিলে চাপ কমিবে। ডুবুরীরা যখন সমুদ্রে ডুব দেয়, তখন যত তলায় যায়, তত বেশী চাপ অনুভব করে। ইহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা বুঝানো যাইবে।

পরীক্ষা : একটি লম্বা চোঙের গায়ে পরপর তিন-চারটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রগুলি মোন দাবা আটকাইয়া দাও। চোঙটি কোন তরল—যদি জল দ্বারা পূর্ণ কর। এখন একটি পিন দিয়া তাড়াতাড়ি একই সঙ্গে মোমগুলি



জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়
চিত্র 2গ

ছিদ্র করিয়া দাও। দোপথে ছিদ্র দিয়া জলের দ্বারা বাহির হইয়া আসিতেছে এবং সব চাইতে তলার ছিদ্র C দিয়া জল সবাপেক্ষা দূরে যাইতেছে (2গ নং চিত্র), এবং সব চাইতে উপরের ছিদ্র A দিয়া জল সবাপেক্ষা কম দূরে যাইতেছে। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে C বিন্দুতে জলের চাপ সবাপেক্ষা বেশী এবং A বিন্দুতে সবাপেক্ষা কম, অর্থাৎ জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

তাছাড়া, ভালভাবে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রতি ছিদ্র দিয়া জলধারা পাত্রের দেওয়ালের সহিত লম্বভাবে নির্গত হইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে

উদাহিত বিজ্ঞান

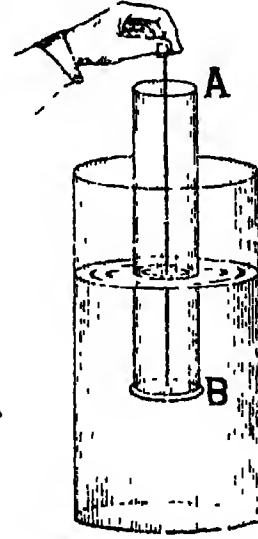
তরল দেওয়ালের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা দেওয়ালের সহিত লম্বভাবে জিয়া করে।

জলের চাপ গভীরতার সঙ্গে বৃদ্ধি পায় বলিয়া জলের বাধ (dam) নির্মাণ করিবার সময় বাঁধের শীর্ষদেশ অপেক্ষা তলদেশ বেশী পুরু করিয়া তৈয়ারী করিতে হয়।

(খ) কোন বিন্দুতে স্থির তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান

(Liquid, at rest, exerts pressure in vertically upward and downward directions at a point within it and they are equal):

পরীক্ষাঃ একটা মোটা কাঁচের পাত্র আধা-আধি জলপূর্ণ কর। একটি ডুমুখ খোলা কাঁচের চোড় A লও ও আংটাযুক্ত একটি দাতব চাকতি B লও যাহা A চোড়টির মুখ নিশ্চিহ্নভাবে (water-tight) বন্ধ করিতে পাবে। আংটার সহিত একগাছা সূতা আটকাও যাহাতে সূতাটি টানিয়া B চাকতিটি A-চোড়ের মুখে লাগানো যায়। এইভাবে A-চোড়টির মুখ বন্ধ করিয়া চোড়টি জলের ভিতর খানিকটা ডুবাইয়া সূতাটি ছাড়িয়া দাও (2ঘ নং চিত্র)। দেখিবে B-চাকতিটি পড়িয়া যাইবে না। কেন পড়িবে না? কারণ চাকতিটির নীচের জল চাকতির উপর উর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছে। ইহা দ্বারা প্রমাণ হয় জলের উর্ধ্বচাপ আছে।



কোন বিন্দুতে জলের
উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান
চিত্র 2খ

এখন আন্তে আন্তে A চোড়টির ভিতর জল ঢাল। জল একটু রঙিন করিয়া লইলে ভাল হয়। দেখিবে যে চোড়ের ভিতরকার জলের তল (level) এবং বাহিরের জলের তল যতক্ষণ সমান না হইবে B-চাকতি ততক্ষণ পড়িবে না। যেই দুই তল সমান হইবে (চোড়ের ভিতরকার জল রঙিন বলিয়া বুঝিতে সুবিধা হইবে) তখনই চাকতি পড়িয়া যাইবে। ইহার দ্বারা বোঝা যাইতেছে B-চাকতির উপর জলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান হইল এবং চাকতিটি নিজের ভারে পড়িয়া গেল। অর্থাৎ, কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

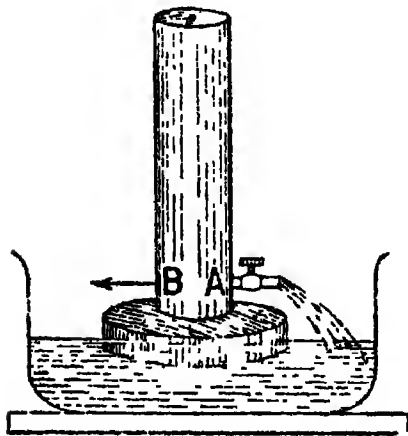
(গ) স্থির তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে (Liquid at rest, exerts sideway or lateral pressure):

তরলের পার্শ্বচাপের দৈনন্দিন উদাহরণ খুব বিরল নয়। যখন হোসপাইপ দ্বারা স্যান্ডারি জল দেওয়া হয় তখন পাইপের গায়ে ছিদ্র থাকিলে দেখা যায় যে সেই ছিদ্র দিয়া স্রষ্ট জলধারা জোরে বাহির হইয়া আসিতেছে। ইহার কারণ জল পাইপের গায়ে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

নৌকার গায়ে ফুটা থাকিলে ঐ ফুটা দিয়া জল নৌকায় প্রবেশ করে ইহা তোমরা অনেকে দেখিয়াছ। ইহারও কারণ পার্শ্বচাপ।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে তরলের পার্শ্বচাপ দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা: একটি খুব পাতলা ধাতব চোঙ লইয়া উহার নিম্ন প্রান্তের কাছাকাছি গায়ে একটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রটি প্যাচকল দিয়া খোলা বা বন্ধ করিবার ব্যবস্থা কর। চোঙটি নিশ্ছিদ্রভাবে (water tight) একটি পাতলা কর্কের উপর বসায় এবং সমগ্র জিনিসটি জলের উপর ভাসাইয়া রাখ। এখন আন্তে আন্তে চোঙ জলপূর্ণ কর। দেখিলে চোঙটি এক জায়গায় স্থির হইয়া ভাসিবে। অতঃপর খুব সাবধানে প্যাচকল খুলিয়া দাও। দেখিলে কলের মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে কিন্তু সমগ্র জিনিসটি জলপৃষ্ঠের বিপরীত দিকে (তীব্রচিহ্নের দিকে) আন্তে আন্তে সরিয়া যাইতেছে (২৬ নং চিত্র)। উহার কারণ জলের পার্শ্বচাপ।



তরল প.চাপ প্রয়োগ করে

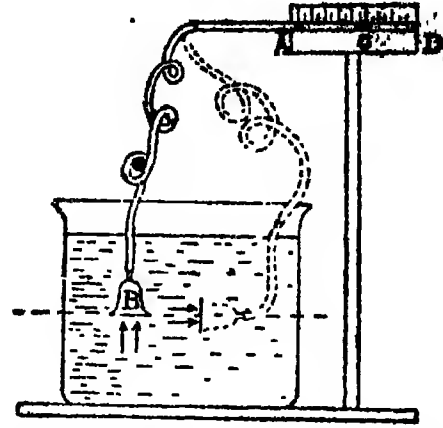
চিত্র ২৬

তলে অসম (unbalanced) চাপ ক্রিয়া করায় ফলে সমগ্র জিনিসটি AB অভিমুখে আন্তে আন্তে সরিয়া যাইবে।

যখন প্যাচকল বন্ধ ছিল তখন জল চোঙের গায়ে সমস্ত সমান ভাবে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছিল এবং যে-কোন তলে (level) এই পার্শ্বচাপ সমান ও বিপরীত বলিয়া চোঙটি স্থির ছিল। কিন্তু যেই প্যাচকল খুলিয়া দেওয়া হইল অমনি খোলা মুখ দিয়া জল বাহির হইতে লাগিল। ফলে A বিন্দুতে জলের পার্শ্বচাপ রহিল না কিন্তু বিপরীত বিন্দু B-তে চাপ ঠিকই বহিল। সুতরাং AB

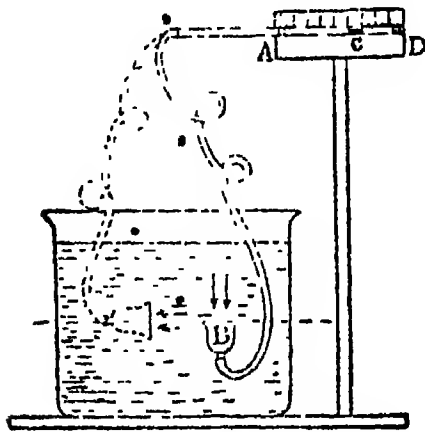
(ক) স্থির তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে (Liquid, at rest, exerts pressures at a point within it in all directions with equal magnitude) :

B-একটি কাচের ফানেল। উহার মুখ পাতলা রবার দ্বারা আটকানো। ফানেলটি সরু ছিদ্রবিশিষ্ট কাচের নল A-র সহিত রবার টিউব দিয়া সংযুক্ত। কাচের নলটি অভ্যন্তরীণ অবস্থায় একটি ফ্রেমে (D) আটকানো এবং ফ্রেমটির সঙ্গে একটি স্কেল লাগানো আছে। A নলটির ভিতর এক ফোঁটা রঙিন জল (ছবিতে c) রাখা আছে। উহা সূচকের (index) কাজ করিবে (2চ নং চিত্র)।



তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চতুর্দিকের চাপ সমান
চিত্র 2চ

একটি গভীর পাত্র জলপূর্ণ কর। ফানেলটির মুখ নিয়ান্তিমুখী করিয়া জলের ভিতরে প্রবেশ কর। দেখিবে সূচকটি ডানদিকে সরিয়া গিয়াছে। ফানেলটির মুখে জলের উল্লচাপ পড়ায় ফানেল ও রবার টিউবের ভিতরস্থ বায়ু সংকুচিত হইয়া রঙিন জলের ফোঁটাকে চাপ দিয়া সবাইয়া দেয়। ইহা দ্বারা জলের উল্লচাপ দেখান হইল।



এক অভ্যন্তরীণ তরলব সকল বিন্দুতে চাপ সমান
চিত্র 2খ

এখন ফানেলটির মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া উপরে, নীচে, পার্শ্বে, চতুর্দিকে ঘুরাও (2চ ও 2খ নং চিত্র)। দেখিবে সূচকটি একই জায়গায় স্থির হইয়া আছে। ইহাব দ্বারা প্রমাণ হয় যে, তরলের অভ্যন্তরস্থ কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমানভাবে চাপ প্রয়োগ করে।

ইহা ছাড়া যদি ফানেলের মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া ডান দিকে বা বাম দিকে সরানো যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচকের কোন স্থান পরিবর্তন হইতেছে

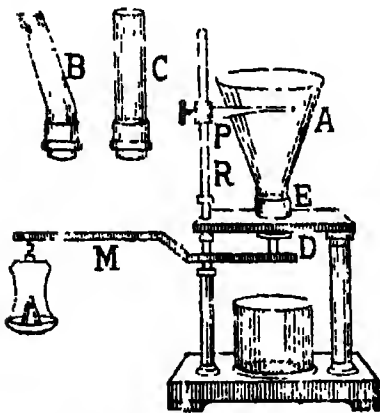
না। ইহা প্রমাণ করে যে, যে-কোন অক্ষুণ্ণ তলে (horizontal level) সর্বত্র তরলের চাপ সমান।

(ঙ) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে যাত তরলের উচ্চতা ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

(Thrust exerted by a liquid on the base of a vessel depends upon the area of the base and the height of the liquid) :

কোন পাত্র জলপূর্ণ করিলে পাত্রের তলদেশে যে-যাত পড়ে তাহা মোট জলের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না, তলদেশের ক্ষেত্রফল ও জলের উচ্চতার উপর নির্ভর করে। প্রথমত এই ব্যাপার অবিদ্যমান বলিয়া মনে হয়, কারণ স্বভাবতই আমরা ধবিয়া লই যে, মোট জলের পরিমাণের উপর যাত নির্ভর করা উচিত। এইজন্য এই ব্যাপারটিকে **উদ্বৈতিক কূট** (Hydrostatic Paradox) বলে।

পরীক্ষা : A, B, C কতকগুলি হুমুখ-খোলা ভিন্ন আকার ও আয়তনের পাত্র, কিন্তু ইহাদের ভূমি (base) প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) সমান। ইহাদের বলা হয় পাকালের পাত্র। ইহাদের প্রত্যেককেই একটি পাটাতনের উপর আটকানো প্যাচ E-এব সহিত লাগানো যায়। প্যাচ E-এব মুখের ক্ষেত্রফল পাত্রগুলির ভূমির প্রস্থচ্ছেদের সমান। D একটি ধাতব চাকতি। ইহা প্যাচ E-এর মুখ বন্ধ করিতে পারে। একটি দণ্ডের (M) একপ্রান্তে এই চাকতিটি আটকানো এবং অন্য প্রান্তে একটি তুলাপাত্র ঝুলানো আছে। P একটি সূচক যাহা R-দণ্ডটি বাহিয়া উঠানো বা নামানো যায় (২ঙ্ক নং চিত্র)।



উদ্বৈতিক কূট পরীক্ষা

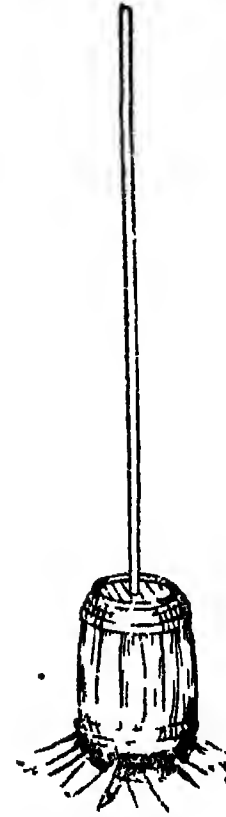
চিত্র ২ঙ্ক

এখন A পাত্রটিকে E প্যাচে আটকাইয়া দাও। তুলাপাত্রে কিছু ওজন রাখ যাহাতে D চাকতিটি প্যাচের মুখ আটকাইয়া থাকে। A পাত্রটিতে আস্তে আস্তে জল ঢাল। D চাকতির উপর ক্রমশ জলের যাত বাড়িবে এবং যখন যাত তুলাপাত্রে রক্ষিত ওজনের সামান্য বেশী হইবে তখন চাকতিটি নিজের ভারে আলগা হইয়া যাইবে এবং ফাঁক দিয়া জল পড়িয়া যাইবে। সূচক P-দ্বারা A পাত্রে জলের উচ্চতা নির্ণয় করিয়া রাখ। A-পাত্রটি সরাইয়া

একে একে B এবং C পাত্র প্যাচে লাগাও। দেখিবে B এবং C পাত্রে জলের উচ্চতা যখন সূচক-নির্দিষ্ট আগেকার উচ্চতার সমান হইল ঠিক তখনই আবাব জল বাহির হইয়া পড়িল। অর্থাৎ D-চাক্তির উপর যাত চাক্তির ক্ষেত্রফল ও উচ্চতার উপর নির্ভর করিতেছে—মোট জলের উপর নয়। কারণ, A, B এবং C পাত্রে মোট জলের পরিমাণ ভিন্ন।

পাস্কাল আব একটি গজাব পরীক্ষা দ্বারা উপবোক্ত তথ্য প্রমাণ করিয়াছেন।

একটি কাঠের পিপা জলপূর্ণ করা হইল। জলের চাপে পিপাটি অক্ষতই বহিল। তবে একটি 30 ফুট লম্বা সরু নল পিপার মুখে লাগাইয়া তাহাতে জল ভরি করা হইল (2য় নং চিত্র) ফলে পিপাটি ফাটিয়া গেল যদিও খুব কম জল টালি হইল কারণ নলটি বেশ সরু এবং পিপাটির



পাস্কালের বোম্বা
চিত্র 2য়

কলমেণে যে যাত্র পড়িল এবং এমন একটি জলসম্পূর্ণ ঘাটের সমান যে ক্ষেত্রের ভূমি (base) হইত এবং পিপার দামের সমান এবং উচ্চতা নল পর্যন্ত উচ্চতার সমান। কাজেই যাত মোট জলের উপর নির্ভর করে না—নির্ভর করে উচ্চতা ও ভূমির ক্ষেত্রফলের উপর।

উদাহরণ :

(1) একটি বাঁধ 1500 ft. লম্বা এবং উচ্চ 100 ft. গভীর জলকে আটকাইয়া বাঁধিয়াছে। বাঁধটির উপর মোট কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে ?

[A dam is 1500 ft long and water is 100 ft deep. What is the total lateral thrust on the dam ?]

উ। এখানে বাঁধটির সর্বত্র পার্শ্বচাপ সমান হইবে না, কারণ সর্বত্র জলের গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে বাঁধটির সর্বনিম্ন বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে তাহা নির্ণয় করিয়া উহাদের গড় বাস্তব করিলে গড় পার্শ্বচাপ পাওয়া যাইবে। অতঃপর জল সংলগ্ন

বাধের ক্ষেত্রফলকে ঐ গড় পার্শ্বচাপ দিয়া গুণ করিলে মোট পান্থ্যচাপ বাকি থাকবে।

এখন সর্বনিম্ন বিন্দুতে জলের গভীরতা = 100 ft. সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ = $100 \times 62.5 \text{ lbs/sq. ft.}$

সর্বোচ্চ বিন্দুতে জলের গভীরতা শূন্য। সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ শূন্য।

$$\text{অতএব, গড় পার্শ্বচাপ} = \frac{100 \times 62.5 + 0}{2}$$

$$= 50 \times 62.5 \text{ lbs/sq. ft.}$$

কাজেই, মোট ঘাত = ক্ষেত্রফল \times গড় পার্শ্বচাপ

$$= (1500 \times 100) \times 50 \times 62.5 \text{ lbs.}$$

$$= 46875 \times 10^4 \text{ lbs.}$$

(2) একটি ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 40 cm ; 1.2 gms/c. c. ঘনত্ব সম্পন্ন একটি তরলে উহাকে এমনভাবে ডুবানো হইল যে উহার উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। ঘনকের প্রত্যেক তলে মোট কত করিয়া ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর।

[A cube of side 40 cm is immersed in a liquid of density 1.2 gms./c.c. so that the upper face is at a depth of 30 cm. from the liquid surface. Calculate the total thrust on every surface of the cube.]

উ। ঘনকের উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। কাজেই উপরতলের প্রতি বিন্দুতে চাপ = $30 \times 1.2 \text{ gm. wt.}$

\therefore ঘনকের উপরতলে মোট ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল

$$= 30 \times 1.2 \times 40 \times 40 = 57600 \text{ gm.-wt.}$$

ঘনকের নীচের তল $(30 + 40) = 70 \text{ cm}$ গভীরতায় আছে।

কাজেই নীচের তলের প্রতি বিন্দুতে চাপ = $70 \times 1.2 \text{ gm wt.}$

\therefore ঘনকের নীচের তলে মোট ঘাত = $70 \times 1.2 \times 40 \times 40$

$$= 134400 \text{ gm.-wt.}$$

ঘনকের খাড়া তলে জলের পার্শ্বচাপ পড়িতেছে। খাড়া তলের প্রত্যেক বিন্দুর গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে গড় পার্শ্বচাপ বাহির করিয়া লইতে হইবে।

এখন খাড়া তলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে পার্শ্বচাপ $= 30 \times 1.2 \text{ gm.-wt.}$

এবং " " সর্বনিম্ন " " " $= 70 \times 1.2 \text{ " "}$

কাজেই গড় পার্শ্বচাপ $= \frac{(30 \times 1.2) + (70 \times 1.2)}{2} = 50 \times 1.2 \text{ gm.-wt.}$

\therefore খাড়া তলে মোট ঘাত $=$ গড় পার্শ্বচাপ \times খাড়া তলের ক্ষেত্রফল
 $= 50 \times 1.2 \times 40 \times 40 = 96000 \text{ gm.-wt.}$

2-6. স্থির তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অনুভূমিক (Free surface of a liquid, at rest, is always horizontal) :

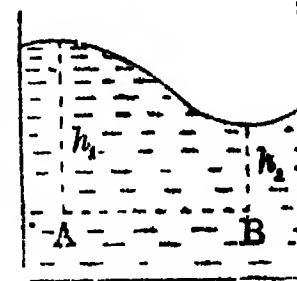
যখন কোন পাত্রে রাখিত তরল স্থির থাকে তখন তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অনুভূমিক হয়।

ধরা যাক, উপরিস্থ তল অনুভূমিক নয়—বক্র (২য় নং চিত্র)। তরলের অভাঙ্গবে এক অনুভূমিক তলে A এবং B দুইটি বিন্দু লগ্ন। মনে কব A-বিন্দুর গভীরতা h_1 এবং B-বিন্দুর গভীরতা h_2 ।

A বিন্দুর চাপ $= h_1 d g$ [d - তরলের ঘনত্ব]

B বিন্দুর চাপ $= h_2 d g$

যেহেতু h_2 -র চাইতে h_1 বড়, কাজেই A বিন্দুর চাপ B বিন্দুর চাপের চাইতে বেশী। অতএব তরল স্থির থাকিতে পারেন না, A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে ঘাইবে। স্থির থাকিতে গেলে A এবং B বিন্দুর চাপ সমান হইতে হইবে, অর্থাৎ $h_1 = h_2$ হইতে হইবে। সুতরাং তরল স্থির থাকিলে উপরিস্থ তল অনুভূমিক হইতে হইবে।



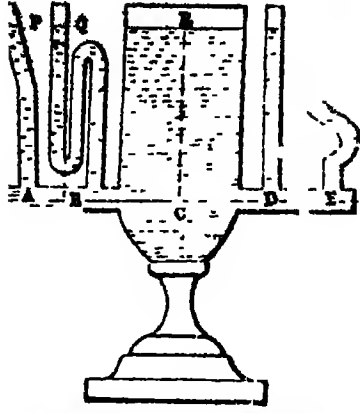
চিত্র ২ এ

2-7. পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায় (In a communicating vessel liquid finds its own level) :

P, Q, R, S, T প্রভৃতি বিভিন্ন আকার ও আয়তনের কতগুলি পরস্পর-সংযুক্ত পাত্র। যে-কোন একটি পাত্র, ধব, P-তে জল ঢালিলে জল অন্য পাত্রেও প্রবেশ করিবে এবং স্থির অবস্থায় দেখা যাইবে যে প্রত্যেক পাত্রের জলের উপরিস্থ তল একই অনুভূমিক তলে আছে (পদ পৃষ্ঠায় ২ট নং চিত্র)। ইহার কারণ নিম্নে বলা হইল।

একই অনুভূমিক রেখায় প্রত্যেক পাত্রের তলদেশে A, B, C, D, E প্রভৃতি বিন্দু লগ্ন।

যেহেতু তরল স্থির, কাজেই A, B প্রভৃতি বিন্দুতে চাপ সমান। A, B, C,



পবম্পের সংযুক্ত পাত্রে তরল

একই তলে থাকে

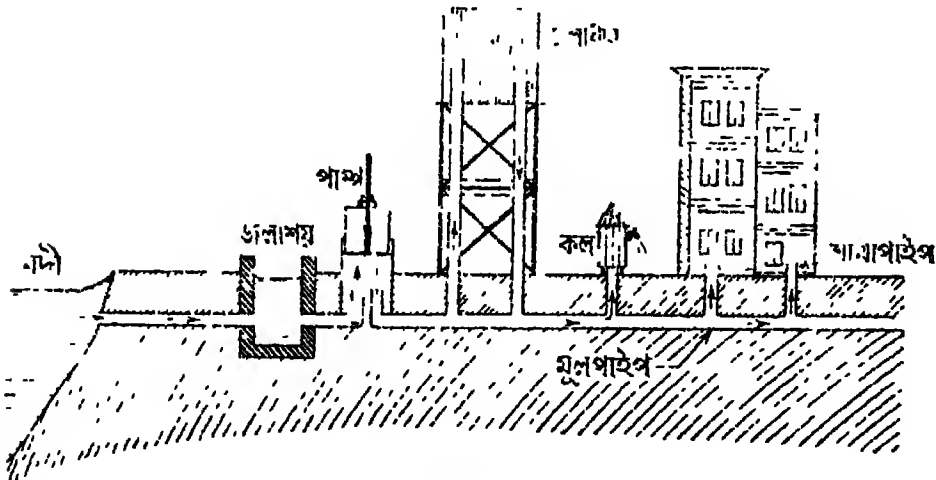
চিত্র 2ট

প্রভৃতি একই অণুভূমিক রেখায় স্থাপিত হওয়ার উপরিস্থ তল হইতে তাহাদের গভীরতা সবই সমান হইবে। নতুবা চাপ সমান হইতে পারে না। অর্থাৎ, প্রত্যেক পাত্রের উপরিস্থ তল একই অণুভূমিক সমতলে থাকিবে। তরল একই তলে থাকিতে চায় (liquid finds its own level)—ইহা তরলের একটি বিশেষ ধর্ম।

তরল একই তলে থাকিতে চায়—এই ধর্মের ব্যবহারিক প্রয়োগ

(Practical application of the property that liquid finds its own level) :

(a) শহরে জল সরবরাহ—তরলের উপরোক্ত ধর্মের ফলে শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা সম্ভবপর হইয়াছে। বড় বড় শহরে পৌর-প্রতিষ্ঠান নতুন বাড়ি বাড়ি পানীয় জল সরবরাহ করা হয়। নিকটবর্তী কোন নদী, হ্রদ বা,



শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা

চিত্র 2খ

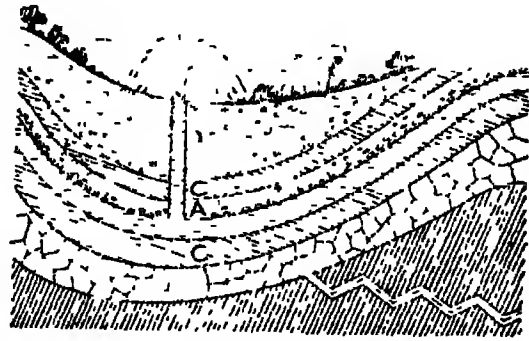
জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল একটি উঁচু জলাধারে জমা করা হয়। এই জলাধারটি শহরের যে সর্বোচ্চস্থানে জল সরবরাহ করিতে হইবে তদপেক্ষা আরো উঁচু স্থানে রাখা হয় (চিত্র নং 2খ)। সেই আধাবের সহিত

পাইপ সংযোগ করিয়া পাইপ শহরের বিভিন্ন অংশে লইয়া যাওয়া হয় এবং এই মূল পাইপ হইতে শাখা-পাইপ বিভিন্ন বাড়িতে দেওয়া হয়। যে-চাপে বাড়িতে জল সরবরাহ হয় তাহা আধারের উচ্চতার (head of water) উপর নির্ভর করে। যখন আধার হইতে জল পাইপে ছাড়া হয় তখন ঐ চাপের জন্য জলের চেষ্টা হইবে পাইপ বাহিয়া আধারের যে তল সেই পর্যন্ত উঠিবার। সুতরাং সহজেই শহরের বাড়িতে জল সরবরাহ হইবে। জল পাইপ বাহিয়া যত উপরে উঠিবে এবং আধারের তল পর্যন্ত পৌছাইবার চেষ্টা করিবে তত জলের চাপ কমিয়া যাইবে। এই কারণে দোতলা বা তিনতলার কলে জলের যে চাপ দেখা যায় একতলার কলে তদপেক্ষা অনেক বেশী চাপ থাকে।

কলিকাতার শহরের উপকণ্ঠে টালাতে 300 ফুট উঁচু একটি জলাধার আছে। সেখান হইতে পানীয় জল শহরের বিভিন্ন অংশে সরবরাহ করা হয়।

(b) আর্টেসীয় কূপ (Artesian well) :

পৃথিবীর অভ্যন্তরে নানাবকমেব স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কতগুলি পাথর, শ্লেট, মাটি ইত্যাদি দ্বারা গঠিত এবং ইহাদের ভিতর জল প্রবেশ করিতে পাবে না। আবার কতগুলি স্তর আছে যেগুলি কোমল এবং ইহাদের ভিতর জল সহজে চৌচাইয়া প্রবেশ করিতে পাবে। রুষ্টির জল অথবা ভূ-পৃষ্ঠের জলাশয়, হ্রদ ইত্যাদি হইতে জল চৌচাইয়া এই সমস্ত কোমল স্তরে সঞ্চিত হয়।



আর্টেসীয় কূপ
চিত্র ২৬

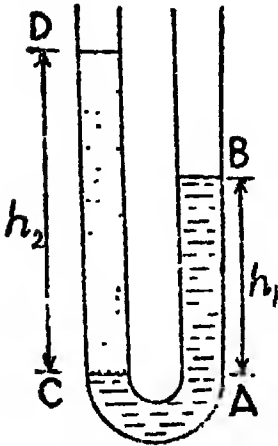
কখন কখন এমন হয় যে দুইটি কঠিন স্তরের মধ্যে (২৬ নং চিত্রে C এবং C) একটি কোমল স্তর (A) অবস্থিত থাকে এবং ইহাদের আকার অনেকটা U অক্ষবেব দ্বারা বঁকানো। ফলে এই কোমল স্তরে জল আটকা পড়িয়া যায়। এখন ভূ-পৃষ্ঠ হইতে গর্ত খুঁড়িয়া একটি নল ঐ কোমল স্তর পর্যন্ত ঢুকাইতে পারিলে নল বাহিয়া জল ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত আসিবে—কারণ জলের দর্যই হইল এক লেভেলে আসা। সুতরাং নলের মুখ হইতে জোরে জল বাহির হইয়া আসিবে। ফ্রান্সের আঁতোয়া (Artois) অঞ্চলে সর্বপ্রথম এই ধরনের কূপ খনন করা হইয়াছিল এবং এই

কারণে ইহাকে আর্টেসীয় কূপ বলা হয়। সাধারণ নিকটস্থ অঞ্চলে ইহা কূপ খনন করিয়া জল-নেচের ব্যবস্থা করা হইয়াছে।

২৪. U-আকৃতি নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্য (Balancing columns in a U-tube) :

দুইটি তরল পদার্থ—বাহারা পরস্পর মিশে না এবং বাহাদের ঘনত্ব (density) আলাদা—একটি U-আকৃতি নলে ঢালিলে দেখা যাইবে যে উহাদের উপরতল অনুভূমিক বটে, কিন্তু একই উচ্চতায় নাই এবং ইহা প্রমাণ করা যায় যে উভয় তরলের স্পর্শতল হইতে উক্ত তরল স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতা তরলদ্বয়ের ঘনত্বে ব্যস্ত-অনুপাতিক।

২৫ নং চিত্রে একটি কাচের U-নল দেখানো হইয়াছে। ধরা যাউক, নলের যে কোন মুখ দিয়া প্রথমে পারদ ঢালা হইল। দেখা যাইবে যে পারদ



U-নলে দুই তরলের সাম্য

চিত্র ২৫

উভয় বাহুতেই এক উচ্চতায় আছে। এই পাবদের উপর জল ঢাল। জলের চাপে ঐ বাহুতে পারদের তল নামিয়া যাইবে এবং অপব বাহুতে পাবদের তল উঠে উঠিবে। যখন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে তখন দেখা যাইবে যে এক বাহুতে জলের উপর-তলেব এবং অপর বাহুতে পাবদের উপর-তলের উচ্চতা বিভিন্ন। ধরা যাউক, CD হইল জলস্তম্ভের উচ্চতা এবং B হইল পাবদের উপর-তল। CA দেখা

উভয় তরলের সংযোগস্থল।

অনুভূমিক বেখা অতএব C বিন্দুতে জলের চাপ = A বিন্দুতে পারদের চাপ।
এখন, C বিন্দুতে জলের চাপ = $h_2 d_2 g$ [$h_2 = CD$, $d_2 =$ জলের ঘনত্ব]
এবং A ,, পারদের ,, = $h_1 d_1 g$

$$[h_1 = AB; d_1 = \text{পারদের ঘনত্ব}]$$

$$\therefore h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

$$\text{অথবা, } \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

উপরোক্ত সমীকরণে নলের প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। ইহার অর্থ এই যে উপবোক্ত ফল (result) নলের প্রস্থচ্ছেদের উপর নির্ভর করে না—

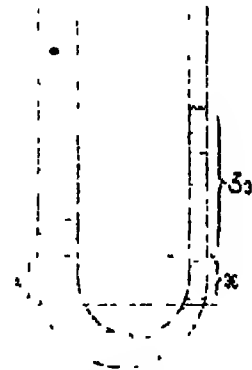
নল থেকে বেরিয়ে নল হটক তাহাতে কিছু তারতম্য হয় না। তবে নল খুব সরু অর্থাৎ কৈশিক (capillary) নল হইতে কৈশিক আকর্ষণ ক্রিয়া করিবে এবং উপরোক্ত হিসাবে (calculation) ক্রটি থাকিবে।

উদাহরণ :

একটি U-নলের এক বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 3 sq.cm. এবং অপব বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm. ; নলটিকে খাড়া ভাবে রাখিয়া উহাতে কিছু পারদ ঢালা হইল। অতঃপর মোটা বাহু দিয়া পারদের উপর 60 c.c. জল ঢালা হইল। ইহার ফলে মোটা বাহুতে পানদগুস্ত কতখানি নামিয়া যাইবে নির্ণয় কর। পারদের ঘনত্ব = 13.6 gms/c.c.

[The cross-section of one arm of a U-tube is 3 sq. cm. and that of the other is 1 sq. cm. Keeping the tube vertical some mercury is poured into the tube and thereafter 60 c. c. of water is poured over mercury through the wider arm. Find by how much the mercury column will go down in the wider tube. Density of mercury = 13.6 gms/c.c.]

উ। প্রথমে পারদ U-নল উভয় বাহুতেই সমান উচ্চতায় থাকিবে।
2৫ (i) নং চিত্রে কাটা রেখা দ্বারা ঐ উচ্চতা দেখানো হইয়াছে। ,পরে মোটা বাহু দিয়া জল ঢালা হইলে মনে কব, পারদ মোটা বাহুতে x cm. নামিয়া গেল ; যেহেতু মোটা বাহুর প্রস্থচ্ছেদ সরু বাহু অপেক্ষা তিনগুণ কাজেই সরু বাহুতে পারদ $3x$ cm. উঠিবে। এখন, জল ও, পারদের স্পর্শতল হইতে অঙ্কনিক রেখা টানিলে (ছবিতে টানা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) সরু বাহুতে ঐ রেখা হইতে পারদের উচ্চতা = $4x$ cm.



চিত্র 4৫ (i)

মোটা নলে পারদের উপর যে জলস্তস্ত দাঁড়াইবে তাহার উচ্চতা = $\frac{60}{3} = 20$ cm.

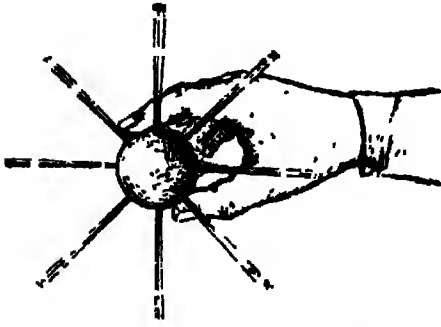
এইবার U-নলে তরল পদার্থের সাম্য হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{20}{4x} = \frac{13.6}{1} \quad [\text{জলের ঘনত্ব} = 1 \text{ gm/c.c.}]$$

$$x = \frac{20}{4 \times 13.6} = 0.36 \text{ cm. (প্রায়)}$$

2-9. তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র (Pascal's law for the transmission of liquid pressure) :

কোন আবদ্ধ (confined) তরলের যে কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় (undiminished magnitude) সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে। ইহাই পাস্কালের সূত্র।



বলটিকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইবে

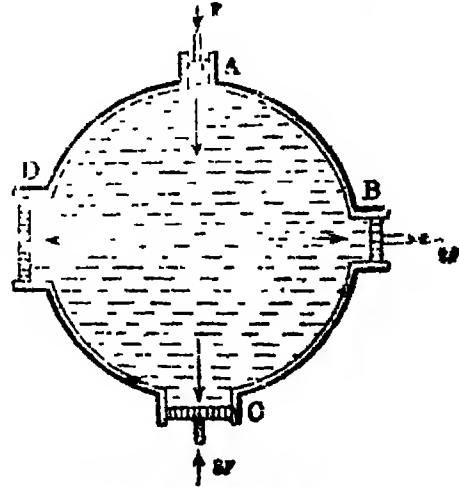
চিত্র 2৭

পরীক্ষা : (ক) একটি রবারের

বলে ফুটা করিয়া বলটি জলপূর্ণ কর। এখন, বলের গায়ে পিন দিয়া কয়েকটি সূক্ষ্ম ছিদ্র কর। এইবার আঙ্গুল দিয়া বলকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইতে দেখা যাইবে (2৭ নং চিত্র)। ইহা প্রমাণ কবে যে আঙ্গুল কর্তৃক প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সমভাবে সঞ্চালিত করিয়াছে।

(খ) একটি জলপূর্ণ আবদ্ধপাত্রে A, B, C, D চারটি ছিদ্র আছে।

ছিদ্রগুলি জলবোধক (water-tight) পিস্টন দিয়া বন্ধ করা। এখন যদি A পিস্টনে চাপ দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে B, C এবং D পিস্টনগুলি বাহিরের দিকে সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ কবে যে, A-পিস্টনে প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সঞ্চালিত করিল (2৩ নং চিত্র)।



পাস্কালের সূত্র পরীক্ষা

চিত্র 2৩

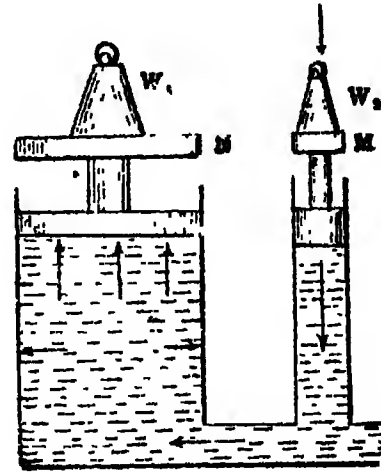
এখন মনে কর, A-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 একক (unit area) এবং B, C, এবং D পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ যথাক্রমে 2, 3, এবং 4 একক। যদি A-পিস্টনে F বল প্রয়োগ করা হয় তবে, B, C এবং D কে স্থির রাখিতে হইলে বাহির হইতে বিপরীত দিকে উহাদের উপর 2F, 3F এবং 4F বলপ্রয়োগ করিতে হইবে (ছবি দেখ)। ইহা প্রমাণ করে যে এই পিস্টনগুলির প্রতি

উপস্থিতি বিজ্ঞান

এককক্ষেত্রে যে বল সঞ্চালিত হইয়াছে তাহা A-পিস্টনে প্রযুক্ত বলের সমান। অর্থাৎ, জল অপরিবর্তিত মাত্রায় চাপ সঞ্চালিত করিল। তাছাড়া, পিস্টনগুলি সরিয়া আসিবার অভিমুখ (direction) লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে সঞ্চালিত চাপ পিস্টনগুলির উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে।

2-10. পাস্কালের সূত্র হইতে ঘাত বৃদ্ধির নীতি (Principle of multiplication of thrust from Pascal's law):

2খ নং চিত্রে একটি মোটা এবং একটি সরু চোঙ একটি নল দ্বারা সংযুক্ত দেখানো হইয়াছে। উভয় চোঙেই একটি করিয়া পিস্টন আছে এবং পিস্টনের মাথায় ওজন রাখিবার পাটাতন আছে। এই পরস্পর সংযুক্ত পাত্র জলপূর্ণ করিয়া M পাটাতনের উপর একটি W_2 ওজন রাখা হইয়াছে। যদি M পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_2 হয় তবে পাটাতনের উপর প্রযুক্ত নিম্নচাপ $= W_2/A_2$, এই চাপ ঐ পিস্টন সংলগ্ন জলে পড়িতেছে। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল ঐ চাপকে অপরিবর্তিত মাত্রায় চতুর্দিকে সঞ্চালিত করিবে। সুতরাং N-পিস্টনটির পাটাতনের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চালিত বল $= W_2/A_2$; যদি N-পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_1 হয় তবে উহার উপর ঘাত



$$= \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} = \frac{W_2}{A_2} \times A_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$$

ঘাত বৃদ্ধির নীতি
চিত্র 2খ

সুতরাং ইহার ফলে N-পিস্টনটি উপরের দিকে উঠিতে থাকিবে। ধর, N-পিস্টনটিকে স্থির রাখিবার জন্য উহার উপর W_1 ওজন চাপাইতে হইল, তাহা হইলে $W_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

যদি A_1, A_2 -র চাইতে 100 গুণ হয় তবে M পাটাতনে 1 মণ ওজন রাখিলে N-পাটাতনের উপর 100 মণ ওজন বাধা চলিবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে, ঘাত 100 গুণ বাড়িয়া গেল। এইভাবে বদ্ধ-তরলের একস্থানে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া অন্যস্থানে বহুগুণ বল উৎপন্ন করা যায়। ইহাকেই ঘাত-বৃদ্ধির নীতি বলে।

2-11. হাইড্রলিক প্রেস (Hydraulic Press) :

ঘাত-বৃদ্ধির উপরোক্ত নীতি হাইড্রলিক প্রেস নামক একটি যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে। ব্রামা নামে একজন ব্রিটিশ ইঞ্জিনিয়ার ইহার কিছু উন্নতি-বিধান করেন। বলিয়া এই যন্ত্রকে অনেক সময় ব্রামা প্রেস বলা হয়। এই যন্ত্রদ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং তাহা দিয়া কাগড়, পাট, তুলা প্রভৃতির গাঁট চাপিয়া ছোট করা, বীজ হইতে তেল নিষ্কাশন করা প্রভৃতি কাজ হইয়া থাকে। মেরামতের জন্য ভারী মোটরগাড়ী উঠুতে তুলিবার জন্য মোটর গ্যারেজে হাইড্রলিক প্রেস ব্যবহৃত হয়। এই ধরনের ব্যবস্থাকে 'Hydraulic garage lift' বলা হয়।

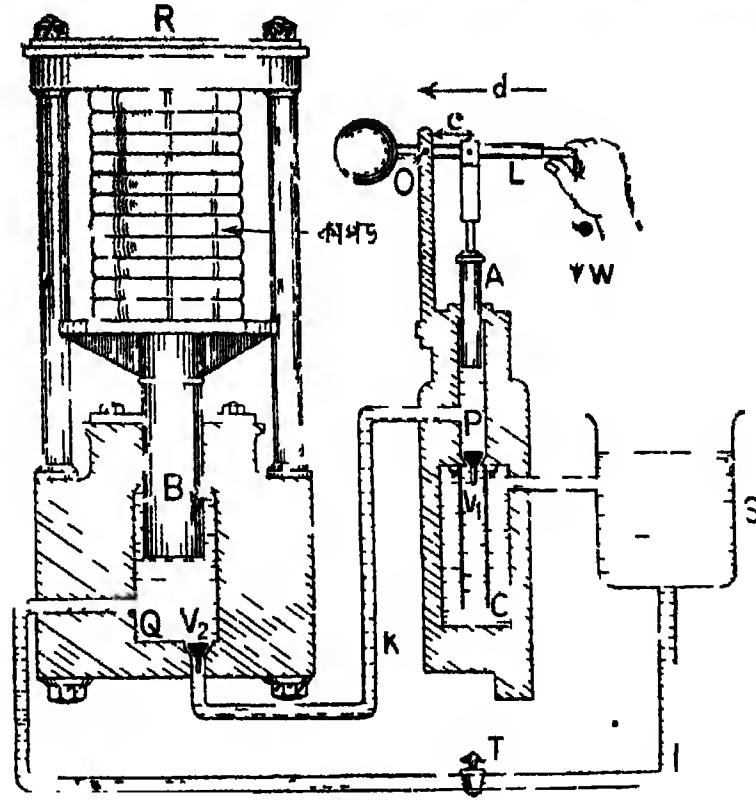
বিবরণ :

পৰ্য্যটায় 2দ নং চিত্রে হাইড্রলিক প্রেসেব একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। P এবং Q দুইটি লোহার তৈয়ারী চোঙ K-নল দ্বারা সংযুক্ত। P-এর প্রস্থচ্ছেদ ছোট এবং Q-এর প্রস্থচ্ছেদ অনেক বড়। A একটি নিরেট (solid) লোহার পিস্টন। L-হাতল দ্বারা উহাকে P-চোঙের ভিতর যাতায়াত করানো যায়; B আর একটি নিরেট লোহার পিস্টন। ইহার মাথায় একটি পাটাতন আছে। এই পাটাতনের উপর কাগজ, পাট, কাপড় ইত্যাদি চাপিবার জন্য রাখা হয়। R একটি শক্ত লোহার পাত—চারিটি থামের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে আটকানো। V_1 এবং V_2 দুইটি ভাল্ভ (valve) যাহা দিয়া জলকে শুধু উপরের দিকে চালানো যাউতে পারে। জল নীচ দিকে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ দুইটি শক্তভাবে চোঙের মুখে আটকাইয়া যায়। S একটি জলধার।

কার্যপ্রণালী :

L-হাতল দ্বারা A-পিস্টনকে উপরদিকে উঠাইলে জলের চাপে V_1 -ভাল্ভটি আলগা হইয়া যায় এবং জলধার-S হইতে জল আসিয়া P চোঙটি ও K নল ভর্তি করে। এখন A-পিস্টনকে নীচদিকে চাপ দিলে V_1 -ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় কিন্তু V_2 -ভাল্ভ জলের চাপে খুলিয়া যায় এবং জল Q-চোঙে প্রবেশ করিয়া B-পিস্টনের উপর চাপ দেয়। পাক্কালের স্রোতায়ী A-পিস্টনের প্রদত্ত চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় B-পিস্টনে সঞ্চালিত হয় এবং B-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ A-পিস্টনের যতগুণ, বলও ততগুণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ B-পিস্টন প্রচণ্ড বলের সহিত উপরে উঠিতে চেষ্টা করে। ফলে B এর পাটাতনের উপর রক্ষিত বস্তু R-লোহার পাত ও পাটাতনের মধ্যে পড়িয়া প্রচণ্ড চাপ খায়। একদফা কাজ

হাইড্রা প্ৰেসে Q-চোঙের জলকে সরাইয়া জলধারে লইয়া বাইবার জল



হাইড্রলিক প্রেস

চিত্র ২৮

T-প্যাচকলটি খুলিয়া দিতে হয় ফলে Q চোঙের উচ্চ চাপের জল ঐ বিস্তৃত পথ দিয়া জলাধারে ফিবিয়া যায়।

হাইড্রলিক প্রেসে উৎপন্ন মোট ঘাত (Total thrust developed in a hydraulic press) :

ঘাতবৃদ্ধির নীতি ছাড়া লিভারের বায়নী ১৭ নং হাইড্রলিক প্রেসে ঘাত বৃদ্ধি পায়। মোট বত ঘাত উৎপন্ন হয় ৩২ নিম্নলিখিতরূপ নির্ণয় করা যায়।

২৮ নং চিত্রে L হাতলটি একটি লিভার। হাইড্রলিক প্রেসে এই লিভার দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে, কারণ এ প্রান্তে আলস O এবং অপব প্রান্তে হাত দ্বারা W বল প্রয়োগ করা হয়। A-পিস্টনটি আলস ও W-এর মধ্যবর্তী কিন্তু আলসের কাছাকাছি কোন স্থানে যুক্ত। পিস্টন হইতে আলস পর্যন্ত দূরত্ব c এবং বল (W) প্রয়োগে। বিন্দু হইতে আলসের দূরত্ব d

হইলে, পিস্টনে যে-বল (F_1) উৎপন্ন হইবে, লিভারের কার্যনীতি হইতে তাহা আমরা লিখিতে পারি,

$$F_1 \times c = W \times d$$

$$\text{Or, } F_1 = W \cdot \frac{d}{c}$$

দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারে d -দৈর্ঘ্য c -দৈর্ঘ্য হইতে বেশী হওয়ায় F_1 -এর মান W অপেক্ষা বেশী হইবে। সুতরাং এইখানে কিছু ঘাত বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, মনে করা যাউক যে A -পিস্টনের ক্ষেত্রফল α এবং B -পিস্টনের ক্ষেত্রফল β ; যদি B -পিস্টনে উৎপন্ন মোট ঘাত F_2 হয়, তবে ঘাতবৃদ্ধির নীতি অনুযায়ী

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

$$= W \cdot \frac{d}{c}$$

c অপেক্ষা d বড় এবং α অপেক্ষা β বড় হওয়ায় F_2 -এর মান W অপেক্ষা অনেক বড় হইবে। অর্থাৎ, লিভারে অল্প বলপ্রয়োগ করিয়া B -পিস্টনে প্রচণ্ড বল সৃষ্টি করা যাইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। হাইড্রুলিক প্রেস দ্বারা অল্প বলপ্রয়োগে বেশী বল উৎপন্ন করা যায় বটে; কিন্তু শক্তির দিক হইতে আমরা কোন লাভবান হই না। যে-শক্তি আমরা প্রয়োগ করি ঠিক সেই শক্তি আমরা ফিবিয়া পাই; এবং ঘষণ ইত্যাদির দরুন প্রাপ্ত শক্তি প্রযুক্ত-শক্তি অপেক্ষা কিছু কম হয়।

উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রুলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 বর্গফুট এবং বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 20 বর্গফুট। যদি ছোট পিস্টনে 200 পাউণ্ড বলপ্রয়োগ করা হয় তবে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[The sectional area of the smaller piston of a hydraulic press is 1 sq. ft, and that of the larger one is 20 sq. ft. If a force of 200 lbs be applied on the smaller piston, what will be the force developed on the larger one ?]

উ। আমরা জানি, $F_1 = F_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

উদাহরণ ১০

[F_1 = বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল

F_2 = ছোট পিস্টনে প্রদত্ত বল

A_2 = ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ

A_1 = বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ]

এখানে $F_2 = 200$ পাউণ্ড, $A_1 = 20$ বর্গফুট;

$A_2 = 1$ বর্গফুট $F_1 = ?$

$$F_1 = 200 \times \frac{20}{1} = 4000 \text{ পাউণ্ড।}$$

(2) একটি হাইড্রলিক প্রেসের লিভারের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য 4 inches এবং 2 feet. ছোট পিস্টনের ব্যাস 2 inches এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 20 inches. লিভারের প্রান্তে 25 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হইবে?

[Two arms of the lever of a hydraulic press are 4 inches and 2 feet long. The diameter of the smaller piston is 2 inches and that of the larger one is 20 inches. If a force of 25 lbs be applied at the end of the lever, what will be the force developed on the larger piston?]

উ। ধরা যাউক, ছোট পিস্টনে F_1 বল উৎপন্ন হইল। লিভারের কার্য-নীতি হইতে আমরা জানি,

$$25 \times 2 = F_1 \times \frac{4}{12} \quad [4 \text{ inches} = \frac{1}{3} \text{ ft}]$$

$$\therefore F_1 = \frac{25 \times 2 \times 12}{4} = 150 \text{ lbs}$$

এবার মনে করা যাউক বড় পিস্টনে F_2 বল উৎপন্ন হইল। ঘাত বৃদ্ধির নীতি হইতে আমরা জানি,

$$F_2 = F_1 \times \frac{\text{বড় পিস্টনের ক্ষেত্রফল}}{\text{ছোট পিস্টনের ক্ষেত্রফল}}$$

$$= F_1 \times \frac{\pi(10)^2}{\pi(1)^2} \quad \begin{array}{l} \text{বড় পিস্টনের ব্যাসার্ধ} = 10 \text{ inches} \\ \text{ছোট পিস্টনের ব্যাসার্ধ} = 1 \text{ inch} \end{array}$$

$$= F_1 \times 100$$

$$= 150 \times 100 = 15,000 \text{ lbs.}$$

(3) একটি বোতল তেল দ্বারা ভর্তি করিয়া কর্ক আটকানো হইল। বোতলের গলা এবং তলার ব্যাস যথাক্রমে $\frac{1}{4}$ inch এবং 3 inches; কর্কের উপর 5 lbs-wt বলপ্রয়োগ করিলে তলার কত ঘাত উৎপন্ন হইবে?

[A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be $\frac{1}{4}$ inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt]

[H. S. Exam. 1961]

উ। গলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi (\frac{1}{4})^2$ sq. inch

তলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi (\frac{3}{2})^2$ sq. inch

এখন, গলায় প্রদত্ত চাপ $= \frac{5}{\pi (\frac{1}{4})^2} = \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

সুতরাং তলায় প্রতি একক ক্ষেত্রফলে উৎপন্ন বল $= \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

\therefore তলায় মোট ঘাত $= \frac{80}{\pi} \times \pi (\frac{3}{2})^2$ lbs. wt.
 $= 180$ lbs. wt.

সারাংশ

তরলের চাপ :

যদি A ক্ষেত্রফলের উপর তরল P বল প্রয়োগ করে তবে

তরলের চাপ, $P = \frac{F}{A} = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

প্রা.

তরলের ঘাত :—

ঘাত = চাপ \times ক্ষেত্রফল $= P \times A$.

তরলের ন্যূনতম বিন্দুতে চাপের পরিমাণ :

যদি বিন্দুর গভীরতা হয় h , তরলের ঘনত্ব হয় d , তবে বিন্দুতে তরলের চাপ, $P = h \cdot d \cdot g$

স্থির তরলের বৈশিষ্ট্য :

(i) তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে।

(ii) কোন বিন্দুতে তরলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

(iii) তরলের চাপ প্রয়োগ করে।

(iv) তরলের মাধ্যমে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে।

(v) তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অমুখমিক।

কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে বাত তরলের উচ্চতা ও পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায়।

পাস্কালের সূত্র :

কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় সর্বদিকে সঞ্চালিত হবে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

বাত-রুদ্ধির নীতি :—পাস্কালের সূত্র অলঙ্ঘন কবিশ্য তরলের সাহায্যে অল্প বলকে বহুগুণ বৃদ্ধি করা যায়।

হাইড্রলিক প্রেস :—এই যন্ত্র বাত-রুদ্ধি নীতির কার্যকর প্রয়োগ। ইহা দ্বারা প্রচণ্ড বাত সৃষ্টি করা যায় এবং বিভিন্ন বাণিজ্যিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। চাপের কল, পাটের কল, কাগজের মেশিন, মোটর গাড়ীর কাম্বানা প্রভৃতি ক্ষেত্রে এই যন্ত্র ব্যবহার করে।

প্রশ্নাবলী

১. 'থ্রাস্ট' ও 'চাপের' মধ্যে পার্থক্য বুঝায়া দাও। কোন বিন্দুতে তরলের চাপের পরিমাণ কত ?

[Explain the difference between 'thrust' and 'pressure' in a liquid. What is the pressure at a point in a liquid ?] [H. S. Comp., 1960, H. S. Exam '62]

২. সমুদ্রজলের ঘনত্ব 1.025 lbs/c. ft. ; যদি 1 বর্গ ফুট পানকণ্ড জলে, ওজন 62.5 পাউন্ড হয়, তবে 10 ফুট নীচে সমুদ্রজলের চাপ নির্ণয় কর।

[The density of sea-water is 1.025 lbs/c. ft. If 1 c. ft of fresh water weighs 62.5 lbs, calculate the pressure at a depth of 10 ft. in sea water.]

[Ans. 610.625 lbs/sq. ft.]

৩. একটি চাপ্টা তলা যুক্ত নলের প্রস্থচ্ছেদ 4 sq. cm. ; উচ্চতা 8 cm এবং অ্যালকোহলে 10 cm. ডুবিয়া যায়। নলের মোট ওজন কত এবং অ্যালকোহলের ঘনত্ব কত ?

[A flat-bottomed tube, 4 sq. cm. in cross-section sinks to a depth of 8 cm in water and 10 cm. in alcohol. What is the weight of the tube and its contents and what is the density of alcohol ?] [Ans. 82 gm ; 0.8 gm/c.c.]

4. একটি আয়তাকার বাজের দৈর্ঘ্য 10 ft., প্রস্থ 8 ft. এবং উচ্চতা 6 ft.। এর উপর পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে বাজের তলার মোট কত ঘাত পড়িবে ?

[The length, breadth and height of a rectangular box are respectively 10 ft., 8 ft., and 6 ft. When the box is full of water, calculate the total thrust on the bottom. [1 c. ft. of water weighs 62.5 lbs.] [Ans. 30,000 lbs]

5. একটি আয়তাকার জলাধার 4 ft. লম্বা, 2 ft. চওড়া এবং 2 ft. উচ্চ। এর উপর পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে উহার তলায় এবং পাশে কত ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর। জলের ঘনত্ব 62.5 lbs/c. ft.

[A rectangular tank 4 ft long, 2 ft. broad and 2 ft. deep is full of water (density 62.5 lbs /c. ft.) Find the thrust on the bottom, on one broad side and on one end side] [Ans. 1000 lbs. ; 500 lbs. ; 250 lbs]

6. একটি খালের লক-গেট 12 ft চওড়া। উহার একপাশে জলের গভীরতা 16 ft এবং অপর পাশে 10 ft. হইলে গেটের উপর মোট ঘাত নির্ণয় কর। 1 c. ft. জলের ওজন 62.5 lbs.

[The lock-gate of a canal is 12 ft. broad. The depth of water on the side of the gate is 16 ft. and that on the other side is 10 ft. Calculate the total thrust on the gate if 1 c. ft of water weighs 62.5 lbs] [Ans. 585,00 lbs]

7. তবলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে চাপ কত? যে চাপ আছে তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাও। এই চাপ বিন্দুর গভীরতার উপর নির্ভর করে তাহাও পরীক্ষা দ্বারা বুঝাও।

[Explain, by means of experiment, that liquid exerts pressure in all directions at a point without it. Also describe a simple experiment to prove that the pressure depends upon the depth of the point.] [H. S. Jam 1962]

8. একটি লম্বা পাতলা চোঙের প্রায় তলদেশে একটি প্যাচকল আঁটিয়া চোঙটি জলপূর্ণ করা হইল এবং একদণ্ড কর্কের টুকরা রাখিয়া জল ভরাইয়া দিয়া হইল। প্যাচকলটি খুলিয়া দিলে কি দেখিবে তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

[A tall thin vessel provided with a tap at the side near the bottom filled with water and made to float upright on a piece of cork. Explain what happens when the tap is opened]

9. উদভ্রান্তির ন্যূনতম কত? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া চোঁকা কর।

[What is 'hydrostatic paradox'? Explain it with suitable experiments]

10. 'তবল একই তলে থাকিলে চাপ'—ইহাও কি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়? ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহাও কি প্রয়োগ আছে ?

What experiment do you know to illustrate that 'liquid finds its own level'? What is its practical application?]

11. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রদর্শনের জন্য উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর :

(ক) তবল সম্পূর্ণরূপে তলব উপর তলে লম্বভাবে চাপ প্রদান করে।

(খ) তবল প্রদত্ত চাপ তবলের গভীরতার সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

(গ) তবল প্রদত্ত চাপ সর্বদিকে ক্রিয়া করে।

উদাহৃতি বিজ্ঞা

(খ) জল নলীতে একই ডলে থাকিতে চারটি

[Describe experiments to demonstrate the following :

- (a) A liquid exerts normal pressure on any surface with which it is in contact.
- (b) The pressure exerted by a liquid increases with depth.
- (c) The pressure due to a liquid acts in all directions.
- (d) Liquid always finds its own level.]

12. U-tube-এব সাহায্যে দুইটি তরলের ঘনত্ব তুলনা কিরূপে করিবে? U-tube এবং দুই বাহুর প্রস্থচ্ছেদ কি সমান হওয়া প্রয়োজন? তোমার উত্তরের কারণ বর্ণনা কর।

[How would you compare the densities of two different liquids by means of a U-tube? Should the limbs of the U-tube have same area of cross-section? Explain your answer.

13. কোন জল সরবরাহ ব্যবস্থার হাটবারে ভূমি হইতে 100 ft. উঁচু; দশ ইঞ্চি ব্যাসের জল টাপ হ্রাস যদি 40 ft. হইলে ভূমি হইতে 20 ft. উঁচু একটি কলে জলের টাপ কত হইবে?

[The reservoir of a water-supply system is 100 ft. above the ground. If the loss of pressure head due to friction etc. is 40 ft., what will be the pressure at a tap 20 ft. above the ground?] [Ans. 40 ft. of water or 24.3 lb./sq. ft.]

14. কলের লেভেল মাটি হইতে যত কম উঁচু করা হবে তত বেশি হইতে যাবে জল ১৫ ফুট কেন?

[By lowering the level of a tap you get more and more supply of water. Why?]

15. একটি U-নলের তলায় কিছু পারদ আছে। নলের এক বাহু দিয়া কেরোসিন তেল এবং অপর বাহু দিয়া গ্লিসারিন ঢালা হইল। দেখা গেল যে কেরোসিন তেলের উচ্চতা যখন 10 cm এবং গ্লিসারিনের উচ্চতা 6.84 cm, হইল তখন উভয় বাহুতেই পারদ এক লেভেলে বহিল। কেরোসিনের ঘনত্ব 0.8 gm/cc হইলে গ্লিসারিনের কত?

[There is some mercury at the bottom of a U-tube. Kerosene oil is poured over the mercury through one arm and glycerine through the other. It is found that mercury stands at the same level in the two arms when the heights of kerosene oil and glycerine are respectively 10 cm. and 6.84 cms. Density of kerosene being 0.8 gm/cc., calculate the density of glycerine.] [Ans. 1.26]

16. সমপ্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন একটি U-নল অর্ধেক জনপূর্ণ আছে। U-নলের যে কোন বাহু দিয়া 0.88 gm/cc. ঘনত্ব সম্পন্ন কোন তরল তল ঢালিলে অল্প বাহুতে জলের তল 7 cm. উর্ধ্ব উঠিল। U-নলের গোলা ব্যাস 1 cm

[A uniform U-tube is half-filled with water. How many c. c. of oil of density 0.88 gm/cc must be poured into one limb to make the surface of water rise 7 cm. in the other limb? The diameter of the tube is 1 cm

;

[The limbs of a U-tube are 80 cm. high and have a uniform cross-section of 1 sq. cm. Mercury is poured into the U-tube until it reaches a height of 10 cm. in each limb 17 c.c. of water are poured into one limb and 17 c.c. of paraffin (density = 0.8 gm / c.c.) are poured into the other limb. What is now the difference in the levels of mercury in the two limbs ?

18 ৫৭ fl জলের নীচে একটি লম্বা-শাট 4 inch বাঁধব একটি চিত্র দেখাচ্ছে। এই চিত্রের মুখ দিয়া জল বাঁধব ৩৫৫। বর্গ ফিট উত্তোলন করে পলেন দ্বা। একটি চাক্ষুণিক প্রত্যক্ষণ মুখ ধারণেত কইচ ?

(178)

[State Pascal's law and explain it fully. How can you obtain the principle of multiplication of thrust from the law " [H S (comp.) 1961, P U 1962]

{What is a hydraulic press? Describe it and explain its action For what purpose is it used? What is the total thrust developed in it?

21. একটি হাইড্রুলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের ব্যাস 1 inch এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 1 foot ছোট পিস্টন 50 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হবে ? (পিস্টনের প্রদত্ত গোলকাকার)

২২. একটি বলপূর্ণ বোতলের তলার প্রান্ত ছােদব ক্ষেত্রফল 80 sq. cm উছবি গলায় একটি কর্ক লাগানো আছে। কবেব ক্ষেত্রফল 1 sq. cm.; কবেব উপর যদি 40 gms. wt বল প্রযুক্ত হয় তে বোতলে : তলায় কত দাঁত পড়বে ?

[The sectional area of the bottom of a bottle is 90 sq. cm. The bottle is full of water and is closed by a cork whose area is 1 sq. cm. If a force of

উদাহৃতি বিজ্ঞা

40 gms. wt. be applied on the cork, calculate the force developed on the bottom. [Ans. 1200 gms. wt.]

২৩. একটি হাইড্রলিক প্রেসে দুইটি পিস্টনের ব্যাস যথাক্রমে ৪ inches এবং ৪০ inches, ১২ ft. লম্বা একটি লিভার দণ্ডের আলফ দিল্লু হইতে ২ ft. দূরে ছোট পিস্টনটি আবদ্ধ। বড় পিস্টনে ৫০০০ lbs. wt. বল উৎপন্ন করিতে হইলে লিভার দণ্ডের প্রান্তে কত বল প্রয়োগ করিতে হইবে?

[The diameters of the pistons of a hydraulic press are respectively ৪ inches and ৪০ inches. The smaller piston is attached ২ ft from the fulcrum end of a lever ১২ ft. long. What force must be applied at the end of the lever to make the press exert a force of ৫০০০ lbs wt? [Ans. ৪০ lbs]

২৪. একটি হাইড্রলিক প্রেসে দুইটি পিস্টনের ব্যাস ১" এবং বড় পিস্টনের ব্যাস ৬"; ইহা একটি ৩০ লিভার দণ্ডের আলফ দিল্লু হইতে ১:৪; লিভারের প্রান্তে ৩০ lbs. wt. প্রয়োগ করিতে হইবে?

[A hydraulic press has a small piston of diameter ১" and a large piston of diameter ৬". It is worked by a hand lever of which the ratio of the arms is ১:৪. If a force of ৩০ lbs is applied on the handle what is the force developed on the goods kept on the press? [Ans. ৪৮০ lbs]

[Objective Type Questions]

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির ম. বা. সঠিক উত্তর 'সি' হইবে তাহাব উল্লেখ করিতে হইবে।
১. যেটি 'সি' বা 'না' হইবে তাহাব উল্লেখ করিতে হইবে।

- (i) তরলের চাপ কি তরলের গভীরতা দ্বারা নির্ভর করে? **সি**
- (ii) পাত্রে তরল যখন তরল স্তর উৎপন্ন করে, তাহা এক তরলই নাকি দুই তরলই নির্ভর করে? **সি**
- (iii) U-স্ফুটন নলে দুইটি তরল পদার্থের ম. বা. সঠিক নলে প্রয়োগের বা বায়ু-মণ্ডলের চাপের কোন সম্পর্ক আছে কি? **—**
- (iv) পাত্রে জল সঞ্চারিত বায়ু কি 'তরল একই তলে থাকতে চায়' এই ধর্মের প্রমাণ বলিয়া গণ্য করা যাউতে পারে? **—**
- (v) কোন অবস্থায় তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ কি অসমানভাবে সর্বত্রিক সম্ভালিত করে? **সি**
- (vi) হাইড্রলিক প্রেসে সাহায্যে আমরা কি শক্তির দিক উইতে বিশেষ লাভবান হই? **সি**

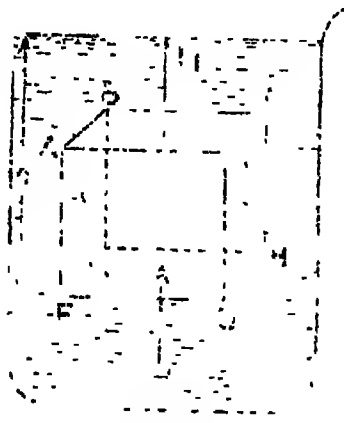
দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

[Floating bodies and Archimedes' principle]

৯৮ ১-১. তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তুর উপর মোট ঘাতের পরিমাণ
(Calculation of resultant thrust on a body immersed in a liquid) :

ABCDEFGH একটি ছয়তলবিশিষ্ট ঘনক (cube)। ঘনকটির
যে-কোন পাশের দৈর্ঘ্য l । একটি পাত্রে রাখিত কোন তরলের মধ্যে



চিত্র ৩ক

ঘনকটি নিমজ্জিত আছে। ঘনকটির উপরিস্থ
তল (ABCD) h_1 গভীরতায় এবং তলদেশ
(EFGH) h_2 গভীরতায় আছে (ওক নং
চিত্র)। ঘনকটির উপর তরল প্রদত্ত মোট
ঘাতের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।

ঘনকটির আঁসতল (vertical surface)
যেমন ABEF বা CDGH যে-ঘাত সহ
করিবেছে তাহা অশূন্য। কারণ, আমরা

জানি চাপ সর্বদা তরল সংলগ্ন তলের লম্ব হয়। যেহেতু ABEF বা
খাড়া তল সেই হেতু উহাও প্রতিবিন্দুতে চাপ হইবে 'অশূন্য'। সুতরাং যে-
কোন খাড়া তলের মোট ঘাত বিপরীত খাড়া তলের ঘাতের সমান ও বিপরীত
হওয়ার খাড়া এলগুলি মোট কোন ঘাত গ্রহণ কবে না।

দিক্ত উপরিস্থ ABCD তলের যে-কোন বিন্দুর উপর জলের নিম্নচাপ
পড়িতেছে এবং উহাও পরিমাণ $= h_1 d g$. (d = তরলের ঘনত্ব)

সুতরাং সমস্ত তলে মোট নিম্নমুখা ঘাত = চাপ \times ABCD তলের ক্ষেত্রফল।

$$= h_1 d \cdot l^2$$

$$= l^2 h_1 d g$$

EFGH তলে জলের উর্ধ্বচাপ পড়িতেছে। আমরা জানি যে, কোন
অশূন্য ক্ষেত্রফল জলের উর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

সুতরাং EFGH তলে যে-কোন বিন্দুতে জলের উর্ধ্বচাপ $= h_2 d g$.

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

যদি $EFGH$ তলে মোট উপরমুখী ঘাত = চাপ \times এ তলের ক্ষেত্রফল

$$= h_2 d \cdot g \times l^2 = l^2 h_2 d \cdot g$$

যেহেতু $h_2 > h_1$ কাজেই $EFGH$ তলের উপরমুখী ঘাত $ABCD$ তলের নিম্নমুখী ঘাতের চেয়ে বেশী।

অর্থাৎ, ঘনকটির উপর মোট উপরমুখী ঘাত $= l^2 h_2 d \cdot g - l^2 h_1 d \cdot g$

$$= l^2 d \cdot g (h_2 - h_1)$$

$$= l^3 d \cdot g [\because h_2 - h_1 = l]$$

কিন্তু l^3 ঘনকটির আয়তন এবং $l^3 \times d$ ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ভর।
 সুতরাং, $l^3 d \cdot g$ = ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

অর্থাৎ, দেখা গেল যে ঘনকটি যখন তরলে পূর্ণ নিমজ্জিত থাকে তখন ঘনকটি একটি উপরমুখী ঘাত অনুভব করে এবং ঘাতের পরিমাণ ইহাতেই সম-আয়তন তরলের ওজন।

উপরোক্ত কথা শুধু যে নির্দিষ্ট আকারের ঘনক বা তরলে পড়ানো হয় তা নয়। যে-কোন আকারের বস্তু তরলে এবং এটি পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত থাকিলে প্রযোজ্য হইবে। অর্থাৎ, স্থানচ্যুত বস্তুটির বস্তুটির পৃষ্ঠের কোন বস্তু আংশিক বা পূর্ণরূপে হইলে নির্দিষ্ট থাকিলে উপরমুখী ঘাত অনুভব করিবে এবং এই ঘাত বস্তুটি যে অংশে তরলে স্থানচ্যুত থাকিবে উহার ওজনের সমান হইবে।

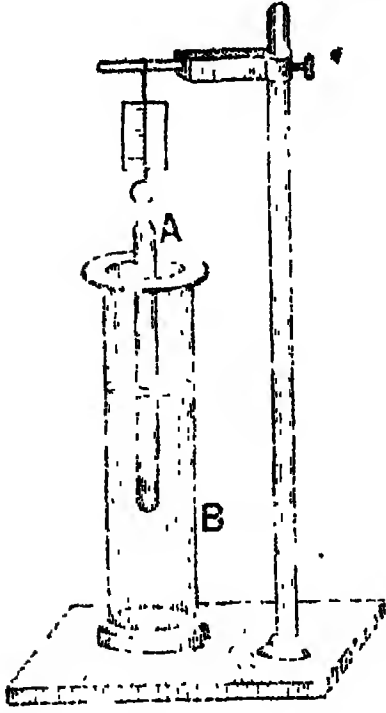
— উপরমুখী ঘাতকে প্লবতা (buoyancy) বলে। এই ঘাত স্থানচ্যুত তরলের ভাবকে কেন্দ্র করিয়া করে এবং এই ভাবকে কেন্দ্র প্লবতা-কেন্দ্র (centre of buoyancy) বলে।

3-2. তরলে নিমজ্জমান অবস্থায় বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস (Apparent loss of weight of a body immersed in a liquid) :

আমরা দেখিলাম কোন বস্তুকে তরলে পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত করিলে বস্তু উপরমুখী প্লবতা অনুভব করে বাহ্যিক স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান।

এখন বস্তুর নিজস্ব ওজন লক্ষ্যভাবে নিম্নমুখী ক্রিয়া করে এবং প্লবতা লক্ষ্যভাবে উপরমুখী ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয়। ওজনের এই আপাত-হ্রাস বস্তু যতটা তরলে অপসারিত করে তাহার ওজনের সমান। যদি বস্তুর নিজস্ব ওজন হয় W_1 এবং অপসারিত তরলের ওজন হয় W_2 তবে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত-ওজন $= W_1 - W_2$

বস্তুর ওজনের এই আপাত-হ্রাস তোমরা অনেকেই হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ। ভারী কলসী বা ভারী বস্তু যাহা নাড়াইতে বেশ কষ্ট হয় জলের ভিতর তাহা অন্যায়সে নাড়ানো যায়, ইহা তোমরা হয়ত অনুভব করিয়াছ। কুয়া হইতে



বস্তুর ওজনের আ-
পাত-হ্রাস

জল তুলিয়াব সময় জলপূর্ণ বালতি যতক্ষণ জলের ভিতর থাকে ততক্ষণ সহজেই টানিয়া তোলা যায়, কিন্তু জলের উপরে উঠিলেই বেশী ভারী বোধ হয়।

3-3. বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস দেখাইবার পরীক্ষা (Experiment to demonstrate the apparent loss of weight of a body) :

একটি নিবেট পাতল চোঙ A স্প্রিং-তুলাব ওক হইতে ঝুলাও। স্প্রিং-তুলা যে পাঠ দিবে তাহাই চোঙের বাস্তব ওজন। একটি বা-
লপা পাত্রে (B) জল বাগিয়া চোঙটি আনিলে

আমরা জলের ভিতর ডুবাই (৩য় নং চিত্র) । দেখা যাইবে স্প্রিং-তুলার পাঠ ক্রমশঃ

চোঙটি জলের বাহিরে আনিলে ইহা পূর্বেব ওজন ফিরিয়া পাইবে। অতএব চোঙটি জলে থাকা অবস্থায় যে ওজন হ্রাস হইয়াছিল তাহা আপাত হ্রাস।

3-4 আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes' principle) :

কোন বস্তুকে তরলে আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান। ইহাই আর্কিমিডিসের নীতি।

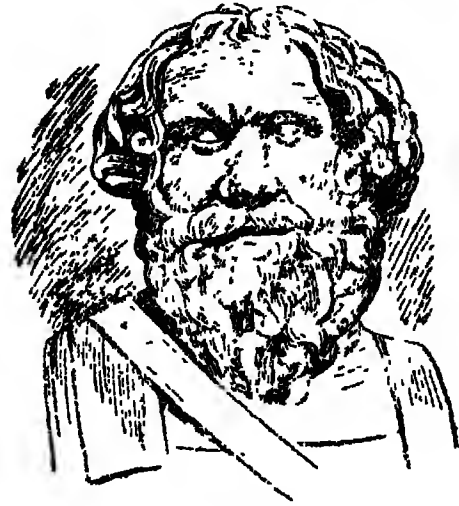
খ্রিঃ ২৮৭ সালে গ্রীসে দার্শনিক পণ্ডিত আর্কিমিডিসের জন্ম হয়। তাহার উপরোক্ত বিখ্যাত নীতি আবিষ্কার সম্বন্ধে একটি গল্প প্রচলিত আছে। সাইরাকিউসের অধ্যক্ষবী রাজা হিরারো একবার একটি স্বর্ণকূট তৈয়ারী করাইয়াছিলেন কিন্তু

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

তাহার সম্বন্ধে হয় যে মুকুটটি সম্পূর্ণ সোনার তৈয়ারী। তখন তিনি দার্শনিক আর্কিমিডিসকে ডাকিয়া মুকুটটি না ডাকিয়া উহা নির্ণয় করিতে বলিলেন। আর্কিমিডিস মহা চিন্তায় পড়িলেন। সমস্তার সমাধান করিতে না পারিলে অত্যাচারী রাজার হাতে তাহার মৃত্যু নিশ্চিত। দিন তাহার চিন্তায় কাটে। একদিন তিনি কানার কানার জলে ভরা একটি চৌবাচ্চায় স্নান করিতে নামিয়া সবিস্ময়ে লক্ষ্য করিলেন যে কিছু জল উপচাইয়া পড়িল এবং নিজেকে কিছু হালকা বোধ হইল। তখনই তাহার মাথায় বিজ্ঞানের মত খেলিয়া গেল যে, বস্তুকে জলে ডুবাইলে উহা কিছু জল অপসারিত করিবে এবং

এহার ওজনের কিছু হ্রাস হইবে। সুতরাং মুকুটটিকেও জলে নিমজ্জিত করিলে উহা সমস্তারতন জল অপসারিত করিবে এবং তাহা হইতে মুকুটের উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাও সঠিক সোনার ঘনত্বের তুলনা করিলে বোঝা যাইবে মুকুটটি সোনা কিংবা স্বাদ দিয়া তৈয়ারী। গোনা যায়, তিনি তখনই ঐ অবস্থায় সাইরাকিউসের বাস্তা দিয়া মুকুটটিকে জলে বলিতোছিলেন, 'ইউয়েকা!'

(অর্থাৎ, বাহির করিয়াছি। বাহির করিয়াছি।)

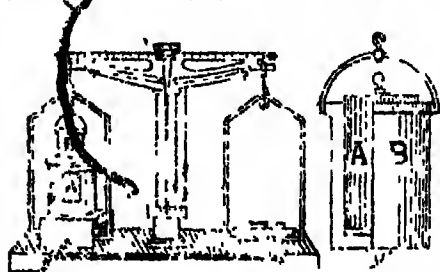


আর্কিমিডিস

(287-212 খ্রিঃ পূঃ)

3-5. আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Archimedes' principle) :

B একটি একমুখ খোলা ফাঁপা চোঙ এবং A একটি নিরেট চোঙ। A চোঙটি B-র মধ্যে আঁটিয়া বসিতে পারে অর্থাৎ A চোঙের বাহিরের আয়তন B চোঙের ভিতরের আয়তনের সমান।



আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা

চিত্র 3গ

অনুভূমিক কর। এখন একটি পাত্রের বক্ষিত জলের ভিতর A-চোঙকে

তুলাদণ্ডের বামপ্রান্তে B-কে ঝুলাও এবং B-এর তলায় আঁটার সঙ্গে A-কে ঝুলাও। এই অবস্থায় ডান তুলাপাত্রের প্রয়োজনীয় বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ড

পদার্থ বিজ্ঞান

পরিপূর্ণ ডুবাও (3গ নং চিত্র)। দেখিও যেন জলপূর্ণ পাত্রটি তুলানোর পরে সোজা না করে। A-চোঙকে জলে ডুবাইলে তুলানোটির আর অভ্যন্তরিক থাকিবে না। ডানদিকের পান্না নীচের দিকে নামিবে। ইহা প্রমাণ করে যে নিমজ্জিত অবস্থায় A-চোঙটির ওজনের হ্রাস হইল।

এখন ফাঁপা চোঙ B-তে আস্তে আস্তে জল ঢাল। দেখিবে ডানদিকের পান্না আস্তে আস্তে উঠিতেছে। যখন B চোঙটি জলপূর্ণ হইবে তখন তুলানো আর অভ্যন্তরিক হইবে। B-র অভ্যন্তরিক আয়তন A-চোঙের আয়তনের সমান বলিয়া ইহা প্রমাণ করে যে A-চোঙটির যে ওজন-হ্রাস হইয়াছিল তাহা A চোঙের সম-আয়তন জলের ওজনের সমান।

3-6. আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Application of Archimedes' principle):

আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ কবিয়া আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি নির্ণয় কবিতে পারি:

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন।

(খ) পদার্থের ঘনত্ব।

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity)।

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয়:

ধরা যাউ, বস্তুটির বায়ুতে ওজন $= W_1$ । এখন বস্তুটিকে তুলানোতে বামপ্রান্ত হইতে হুতা দিয়া তুলানো একটি পাত্রে রক্ষিত জলের ভিতর নিমজ্জিত কর। এই অবস্থায় বস্তুটির ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_2 ।

আর্কিমিডিসের নীতি হইতে আমরা জানি,

$$W_1 - W_2 = \text{বস্তুটির ওজনের আপাত হ্রাস,}$$

$$= \text{বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন।}$$

যদি সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয় তবে সম-আয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম। কারণ ঘনত্ব 1 গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.। সুতরাং, $(W_1 - W_2)$ গ্রাম জলের আয়তন $= (W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.। যেহেতু, বস্তুটির সম-আয়তন জল অপসারিত করে, সেই হেতু বস্তুটির আয়তন $= (W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.।

যদি এম্. পি. এস. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয়, তবে সম-আয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2)$ পাউণ্ড।

অন্যন্য বস্তু ও পদার্থের আয়তন নির্ণয়

অন্যন্য বস্তু 62.5 পাউন্ড প্রতি ঘ. ফুটে। সুতরাং $(W_1 - W_2)$ পাউন্ড
বস্তুর আয়তন = $\frac{W_1 - W_2}{62.5}$ ঘ. ফু.

যেহেতু, বস্তুটি সমআয়তন জল অপসারিত করে যেহেতু বস্তুটির এক. পি. এস.
পদ্ধতিতে আয়তন = $\frac{W_1 - W_2}{62.5}$ ঘ. ফু.

(খ) পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় :

পদার্থের ঘনত্ব = $\frac{\text{পদার্থ-নির্মিত বস্তুর ভর}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$

বস্তুর আয়তন পূর্বোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যাবে। সুতরাং 1 গ. পি. এস.
পদ্ধতিতে উক্ত পদার্থের ঘনত্ব = $\frac{W_1}{W_1 - W_2}$ গ্রাম প্রতি ঘ. সে. মি.।

তেমনি এক. পি. এস. পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব = $\frac{W_1}{\frac{W_1 - W_2}{62.5}}$ পাউন্ড প্রতি ঘ. ফু.
= $\frac{W_1 \times 62.5}{W_1 - W_2}$ পাউন্ড প্রতি ঘ. ফু.

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

পরিবর্তী পরিচ্ছেদে বল। ২:৩৫২।

3-7. বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন (Flotation and immersion of a body) :

অর্থাৎ জানি যে কোন বস্তুকে ওলো নিমজ্জিত করিলে বস্তু প্রবৃত্তি
অনুভব করে। এই প্রবৃত্তি বস্তু কতক স্থানচ্যুত ও ওলো ওজন সমান এবং
ইহা প্রবৃত্তি-কেন্দ্র দিয়া উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। বস্তুর নিমজ্জন ওজন বস্তুর ভাবকেন্দ্র
দিয়া নিম্নমুখী ক্রিয়া করে। সুতরাং বস্তুকে তবলে নিমজ্জিত করিলে ইহা
উপর এই দুইটি বল এক সঙ্গে ক্রিয়া করে। যদি বস্তুর নিম্নে ওজন হয় W_1
এবং প্রবৃত্তি W_2 , তবে বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন সম্পর্কে নিম্নলিখিত তিনটি
অবস্থা উদ্ভব হতে পারে :

(1) যদি $W_1 > W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্রবৃত্তি অপেক্ষা বেশী।
এক্ষেত্রে বস্তু ওজন বস্তু কতক অপসারিত ওলো ওজনের চাইতে বেশী
হওয়ায় বস্তুটি নীচে দিকে যাবে অর্থাৎ, তবলে ডুবিয়ে যাবে। সাধারণত
বস্তু যে পদার্থে তৈরী তাহা হইলে ঘনত্ব তবলে ঘনত্ব বেশী হইলে ঐ বস্তু ঐ তবলে

ডুবিয়ে যায়। যেমন, এক খণ্ড লোহা বা পাথর জলে ফেলিয়া দিলে জলে ডুবিয়ে যায়।

(2) যদি $W_1 = W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্লবতার সমান হয় তবে এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের সমান হওয়ায় বস্তুটি তরলের ভিতর যে-কোন স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে। সম-আয়তন জল ও অ্যালকোহল মিশ্রিত করিয়া তাহার ভিতর এক কৌটা অলিভ তেল ফেলিয়া দিলে কৌটাটি মিশ্রণের ভিতর যে-কোন স্থানে থাকিবে। এস্থলে মিশ্রণেব ঘনত্ব অলিভ তেলের ঘনত্বের সমান বলিয়াই এরূপ হয়।

(3) যদি $W_1 < W_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্লবতা অপেক্ষা কম হয় তবে এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের কম বলিয়া উহা উর্ধ্বমুখী বল অনুভব করিবে। তাহাব ফলে বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে। তরলের ঘনত্ব বস্তু যে-পদার্থে নির্মিত তাহাব ঘনত্বের বেশী হইলেই এইরূপ অবস্থার উদ্ভব হয়। যেমন, এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠে।

3-8. সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত (Conditions of equilibrium of floating bodies) :

আমরা দেখিলাম যে এক টুকরা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠিবার চেষ্টা কবে, কারণ টুকরাটির ওজন সমআয়তন জলের ওজনের চাইতে কম। টুকরাটি যত জলের বাহিরে আসিতে থাকে তত অপসারিত জলের পরিমাণ কমিতে থাকে এবং উর্ধ্বঘাত কমিতে থাকে। টুকরাটি যখন স্থির হইয়া ভাসিবে তখন ইহাব কিয়দংশ জলে ডুবানো থাকিবে এবং বাকী অংশ জলের বাহিরে থাকিবে যাহাতে নিমজ্জিত অংশ যে-জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের সমান হইবে। অর্থাৎ, বস্তু স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে নিম্নোক্ত দুইটি শর্ত পূরণ করিতে হইবে :

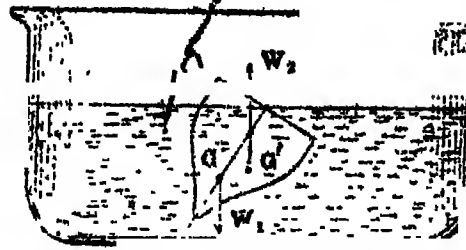
(1) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(2) বস্তুর ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব (vertical) রেখায় থাকিবে।

দ্বিতীয় শর্তটি বুঝাইয়া বলা যাউক। ধর, একটি বস্তুর ভারকেন্দ্র G অর্থাৎ G বিন্দু দিয়া বস্তুর ওজন W_1 নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করিতেছে (3য় নং

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

চিত্র ৩) এবং G' প্রবর্তা-কেন্দ্র অর্থাৎ G' বিন্দু দিয়া অপসারিত জল ওজন W_2 উল্লম্বীয় ক্রিয়া করিতেছে। ভাসিবার প্রথম শর্তানুযায়ী $W_1 = W_2$, কিন্তু চিত্র হইতে স্পষ্টই বোঝা যায় যে বিপরীতমুখী সমান দুইটি বল একই লম্ব-বেগায় ক্রিয়া না করিলে বস্তুটি সাম্য অবস্থায় থাকিতে পারে না। অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় থাকিবার জন্য G এবং G' একই লম্বরেখায় থাকা অপরিহার্য।

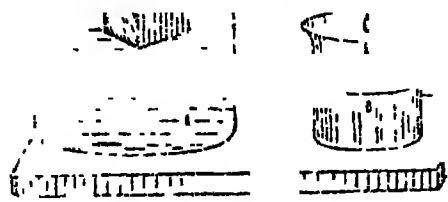


ভাবকেন্দ্র ও প্রবর্তা-কেন্দ্র এক লম্বরেখায় না থাকিলে বস্তু স্থিতি হইয়া ভাসিবে না।

চিত্র ৩য়

৪-৭. তরলে ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজন-বিশিষ্ট তরল অপসারণ করে (A floating body displaces liquid whose weight is same as the weight of the body) :

এক টুকরা কাঠ লটয়া তুলাযন্ত্রেব সাহায্যে ওজন নির্ণয় কর। ৩৬ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে একপা একটি নির্গমন নল (exit tube) যুক্ত কাচপাত্র লবু এবং উহাতে জল ঢাল যেন জলের তল নির্গমন-নলের মুখ বরাবর থাকে। একটু বেশী জল ঢাল। ঘটিলে নল দিয়া অতিরিক্ত জল বাহির



ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তরল অপসারণ করে।

চিত্র ৩৬

বস্তু হইলে তখন জলসহ বীকায় ওজন কর। ইহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে; দেখিবে যে জলের ওজন কাঠের টুকরার ওজনের সমান হইল। সুতরাং ভাসমান অবস্থায় কাঠের টুকরা যে জল অপসারণ করে উহার ওজন টুকরার ওজনের সমান।

হইয়া যাইবে। এভাবে একটি ওজন করা পালি কাচের বীকায় ই নলের নীচে রাখ যাহাতে নল দিয়া জল পড়িলে জল বীকারে জমা হইতে পারে। এখন আশে আশে কাঠের টুকরাটিএ কাচপাত্রেব জলে ভা সা ও। খানিকটা জল নির্গমন-নল বাহিয়া বীকারে পড়িবে। যখন জল পড়

10. ভাসনের কয়েকটি উদাহরণ:

(1) বরফ জলে ভাসে কেন?

সামান্যবস্তুর ভাসনের শর্ত আলোচনার সময় আমরা দেখিরাছি যে ভাসিতে গেলে বস্তুর কিয়দংশ তরলে নিমজ্জিত থাকে এবং কিয়দংশ তরলের বাহিরে থাকে। কারণ, বস্তুর ওজন সম-আয়তন তরলের ওজনের চাইতে কম। অর্থাৎ ভাসমান বস্তুকে সম-আয়তন তরল অপেক্ষা হাল্কা হইতে হইবে। জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে সেই বরফ জলে ভাসিতে দেখা যায়। ইহার কারণ কি? ভাসনের শর্ত হইতে ইহাই দাঁড়ায় যে বরফের টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। সত্যিই তাই। দেখা গিয়াছে 1 c. c. বরফের ওজন 92 gm. অথচ 1 c. c. জলের ওজন প্রায় 1 gm। কাজেই বরফের কোন টুকরা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা। এই কারণে বরফ জলে ভাসে। কোন এক টুকরা বরফকে জলে ছাড়িয়া দিলে ভাসমান অবস্থায় উঠাব আয়তনের $\frac{1}{10}$ ভাগ জলের ভিতরে এবং $\frac{9}{10}$ ভাগ জলের বাহিরে থাকিবে। কারণ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে 0°C তাপমাত্রায় 11 cc. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় 12 c c. বরফে পরিণত হয়।

(2) জাহাজ জলে ভাসে কেন?

এক টুকরা গোড়া জলে ডুবিয়া যায়, কিন্তু লোহার চৌরাসী জাহাজ তাহার বিরাট আকৃতি লইয়া জলে ভাসে। ইহার কারণ কি?

গোড়ার টুকরাকে যদি এমন আকার দেওয়া যায় যাহাতে টুকরাটি যে-কোনো জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের চেয়ে বেশী — হইবে। হইলেই টুকরাটি জলে ভাসিবে। আমরা জানি, লোহার ঘনত্ব জলে ভাসে।

জাহাজ জলে ভাসিবার কারণ একই। জাহাজের তলদেশ কতটুকুর মত এমন বাকানো যে তলদেশ যথেষ্ট পরিমাণ জল অপসারিত করিতে পারে। ফলে জাহাজ জলে ভাসিতে পারে। যেমন, কোন জাহাজ যদি 70,000 টন জল অপসারণ করে তবে যাত্রী, মালপত্র এবং জাহাজের নিজের ওজন সহ মোট 70,000 টন হইলে, ঐ জাহাজ অনায়াসে জলে ভাসিবে।

নদীর জলের ঘনত্ব সমুদ্রের লবণাক্ত জলের ঘনত্বের চাইতে কম। কাজেই নদীর জলের প্রবর্তা সমুদ্র জলের প্রবর্তা অপেক্ষা কম। সেইজন্য কোন জাহাজ সমুদ্র হইতে নদীতে প্রবেশ করিলে জাহাজের বেশী অংশ জলে নিমজ্জিত হয়।

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

বন্দরে মোড়র করা কোন জাহাজ লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে উহার গারে সাদা রং দিয়া কয়েকটি দাগ দেওয়া আছে। এই দাগগুলিকে প্লিমসল রেখা (Plimsoll lines) বলে। জাহাজে মালপত্র ইত্যাদি এমনভাবে বোঝাই করিতে হইবে যেন জাহাজ ঐ দাগের বেশী জলে না ডুবিয়া যায়। এই বোঝাগুলির মধ্যে যেটির কাছে 'F'W' লেখা ঐ পর্যন্ত সর্বাপেক্ষা বেশী ডুবানো চলিবে এবং যেটির কাছে 'W' লেখা সেই পর্যন্ত সর্বাপেক্ষা কম ডুবানো চলিবে। এই প্রথা চালু হইবার পূর্বে ডাহাজে মাল বোঝাই করিবার কোন আইন বা নিয়ম ছিল না। ফলে, একটু ঝড়-বাদল হইলেই দুর্ঘটনা ঘটিত। 1876 খ্রীষ্টাব্দে ক্যাপ্টেন গ্রাম্বেল প্লিমসলের আন্দোলনের ফলে আইন গণ্য করিয়া জাহাজে মাল বোঝাই সম্পর্কে বাধানিবন্ধ আবোপ করা হইল এবং প্লিমসল রেখার প্রচলন করা হইল।

ডল হঠাৎ ভাবী কোন প্রকারে ডলে ডায়াইয়া রাখিবার আব একটি উপায় আছে—উপযুক্ত সাইজের হালকা এবং উহা সহিত যুক্ত করা। ইহাতে বেশী পরিমাণ জল অপসারিত হইবে এবং বেশী উন্নতি প্রাপ্ত হইবে কিন্তু নতুন নতুন খবর বেশী বাহিরে না। জীবন-রক্ষা (life-belt, বা বয়্যা এই নীতিতে কাজ করে। হালকা বায়ুপূর্ণ পানি দিয়া জীবন-রক্ষা নির্মাণ করা হয়। উহা সাহায্যে মানুষ অনায়াসে ডলে ভাসিয়া থাকিতে পারে।

(3) মানুষ সাঁতার কাটে কি করিয়া ?

মানুষের দেহ সম-ভার এবং সম-চাপে চাপে হালকা কিন্তু মাথা ওজনে ভারী, ফলে দেহ ডলে ডলে ভাসে কিন্তু মাথা ডলে ডুবিয়া যাতে চাপ। সেইজন্য মাথা নাড়িয়া ডলে চাপ দিয়া মাথা ওজনের ভারের ভারি পানির নানিই দাঁতের কাটা। সেইজন্য সাঁতার নাড়নের অভ্যাস নতুন শিখিয়া লইতে হয়। নতুন অভ্যাসে ডানে পক্ষে। হঠাৎ কারণ ডলে ডলে মাথা সম-ভারতন ডলে চাপে হালকা কিন্তু দেহ ওজনে ভারী।

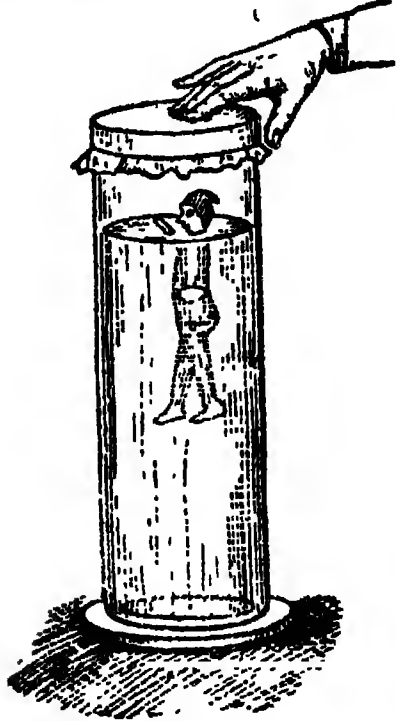
(4) কার্টেসিয় ডাইভার (Cartesian diver) :

ইহা একটি উদ্ভৌতিক পুতুল এবং উহা দ্বারা তরলে চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত বিজ্ঞানের সূত্র এবং ভাসন ও নিমজনের শতগুলির সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

ইহা অংশ জলপূর্ণ একটি লম্বা কাঁচের চোঙের মুখ একটি ববার টুকরা দ্বারা বন্ধ করিয়া অটকানো। চোঙের অভ্যন্তরস্থ জলের উপরে অংশ বায়ুপূর্ণ। জলের ভিতর একটি পুতুল বাধা আছে। হঠাৎ ডাইভার বা ডুবু বলে। পুতুলটি ফাঁপা কিন্তু একটি ছোট ল্যাম্পের সাহায্যে ভিতরের সঙ্গে বাহিরের সংযোগ আছে। পুতুলটির ভিতরে খাম্বিটা অংশ জলভর্তি এবং বাকিটা

বায়ুপূর্ণ। সাধারণ অবস্থায় পুতুলটির ওজন এমন যে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় উহা জলে ভাসে (3চ নং চিত্র)।

এখন রবার টুকরাকে হাত দিয়া চাপিলে জলের উপরিস্থ বায়ু সংকুচিত হইবে এবং পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল এই চাপ পুতুলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে



কার্টেসীয় ডাইভার

চিত্র 3চ

সঞ্চালিত করিবে। ফলে, পুতুলের অভ্যন্তরের বায়ুও সংকুচিত হইবে এবং খানিকটা জল পুতুলের ভিতরে প্রবেশ করিয়া পুতুলটিকে ভারী করিয়া দিবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হওয়ায় পুতুলটি জলে ডুবিয়া যাইবে। ববাবেব উপরকার চাপ ছাড়িয়া দিলে সর্বত্র এই চাপ কমিয়া যাইবে। সুতরাং পুতুলের ভিতরেব বায়ু পুনরায় আয়তনে বাড়িবে এবং অতিরিক্ত জল পুতুল হইতে বাহির করিয়া দিবে। এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন অপসারিত জলের ওজনের

চাইতে হালকা হওয়ায় পুতুলটি পুনরায় জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে।

রবারের টুকরার উপর চাপ নিয়ন্ত্রিত করিলে পুতুলের ভিতরে এমন পরিমাণ জল প্রবেশ করিবে যে পুতুলটির তখনকার ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের সমান হইবে। এই অবস্থায় পুতুলটিকে জলের ভিতর যে-কোন স্থানে রাখা যাইবে।

কাছেই কার্টেসীয় ডাইভার নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দেয় :

(i) তবলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র (ii) বাসন ও নিমজ্জনের নীতি ও (iii) গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility)।

(5) ডুবোজাহাজের (Submarine) কার্যপ্রণালী :

ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত জলের উপর ভাসিতে পারে অথবা জলের নীচে দিয়া যাইতে পারে। ইহার কার্যপ্রণালী কার্টেসীয় ডাইভারের কার্যপ্রণালীর অনুরূপ।

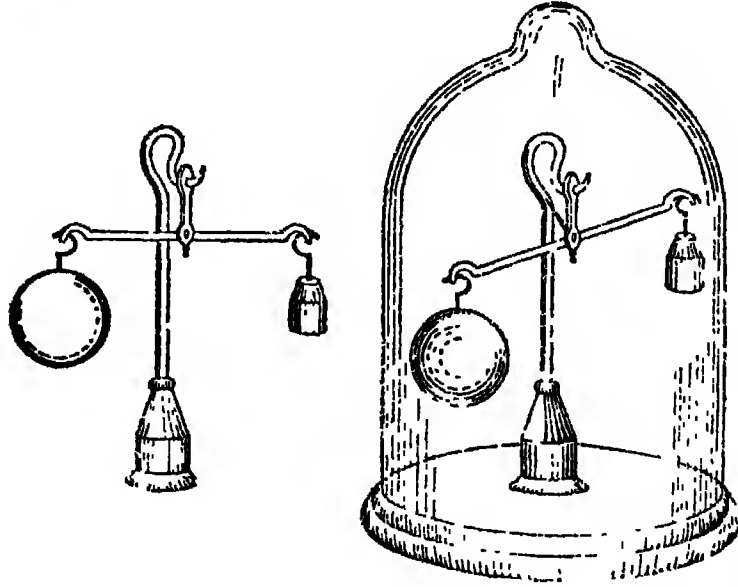
ডুবোজাহাজে কতকগুলি প্রকোষ্ঠ থাকে—ইহাদের Ballast tanks বলা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিকে ইচ্ছামত জলপূর্ণ বা বায়ুপূর্ণ করা যায়। যখন ডুবোজাহাজ ডুবিয়া যাইতে ইচ্ছা করে তখন পাম্প দ্বারা এই প্রকোষ্ঠগুলি জলপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজের ওজন উহার সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হয় এবং জাহাজ জলে ডুব দেয়। আবার ভাসিয়া উঠিতে ইচ্ছা করিলে পাম্প দ্বারা প্রকোষ্ঠেব জল বাহির করিয়া বায়ুপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজটি হাল্কা হয় এবং জলেব উপর ভাসিয়া উঠে।

3-11. বায়ুর প্লবতা এবং বায়ুতে আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Buoyancy of air and application of Archimedes' principle to air):

আর্কিমিডিসের নীতি আলোচনার সময়ে ভ্রোমবা জানিয়াছি যে কোন বস্তুকে তবলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু একটি উর্দ্বাধাত অভুভব করে। এই উর্দ্বাধাতকে 'প্লবতা' (buoyancy) বলে এবং ইহা।। জগৎ নির্মাক্তিত বস্তুব ওজন কম বলিয়া মনে হয়। ভ্রোমবা আরও জান যে এই উর্দ্বাধাত এক যত্থানি তরল অপসারণ করে উহাব ওজনের সমান। এই সম্পর্কে তরল ও গ্যাসেব ব্যবহাব অবিকল এক বস্তুম। অর্থাৎ, তরলেব ত্রায় গ্যাসেব উর্দ্বাধাত প্রয়োগ করিতে সম্ভব। বায়ু এক প্রকাব গ্যাস হওয়ায় বায়ুতে নিমজ্জিত সকল বস্তুই এই উর্দ্বাধাত অর্থাৎ প্লবতা অভুভব করিবে। স্মৃতবাং একথা বলা যাইতে পারে যে ডালে নিমজ্জিত কবিয়া কোন বস্তুকে ওজন করিলে যেমন উহা বস্তুব প্রকৃত ওজন হয় না—প্রকৃত ওজন অপেক্ষা কিছু কম হয়, তেমনি বায়ুে মনো কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহাঃ বস্তুব প্রকৃত ওজন হইবে না, প্রকৃত ওজন অপেক্ষা সামান্য কম হইবে। বায়ু খুব হাল্কা বলিয়া সাধারণ ক্ষেত্রে ওজনের এই ভ্রান্ততা নোকা যায় না। কিন্তু উপযুক্ত পরীক্ষা-ব্যবস্থাব দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়। অতএব আমবা বলিতে পারি যে, তরলের ত্রায় গ্যাসেব বোঝাতেও আর্কিমিডিসেব নীতি প্রযোজ্য। আর্কিমিডিসেব নীতিব সাধাবণ সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে, কোন বস্তুকে তরলে অথবা বায়বীয় পদার্থে আংশিক বা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুর প্লবতা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা : 3ছ.নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের তুলাযন্ত্র দেখানো হইয়াছে। ইহাকে ব্যারোস্কোপ (Baroscope) বলে। এই যন্ত্রে কোন তুলাপাত্র নাই—উহার বদলে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। বা পাশের বস্তুটি ফাঁপা কাচের গোলক এবং ডানদিকেরটি সীসা বা পিতলের ছোট



(i)

ব্যারোস্কোপ

(ii)

চিত্র 3ছ

গাটখারা। কাচের গোলকের আয়তন (volume) বেশী হওয়ায় ভেদ্য বাটখারা অপেক্ষা বেশী পরিমাণ বায়ু অপসারিত করিবে; কাচের উষ্ণতা উপর বায়ুর উদ্ভাসিতও বেশী হইবে। অন্যত্র প্রবর্তের দক্ষণ গুজন-হাস কাচের গোলকের বেশী হইবে। কিন্তু বাটখারা এবং কাচের গোলকটি এমন লওয়া হইল যে বায়ুর ভিত্তি উপস্থিত যে আপাত-ওজন (apparent weight) হব তাহা সমান আনয়। বায়ুর-মধ্যে থাকাকালীন উহার তুলাদণ্ডকে অভুভূমিক রাখিবে [চিত্র 3ছ (i) দেখ]। এইবাব উপস্থিত বায়ু নিকাশক পাম্পের যোগাধীন উপর রাখিয়া একটি বড় কাচপাত্র দিয়া ঢাকিয়া দাও। বেকারী ও কাচপাত্রের জোড়ের মুখ ভেসুর্গীন বা মোম দিয়া নিশ্চিতভাবে বদ্ধ কর। পাম্পের সাহায্যে কাচপাত্রের ভিতর হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখিবে যে তুলাদণ্ড আর অভুভূমিক নাই। দণ্ডের যে-প্রান্তে কাচের গোলক আছে সেই প্রান্ত ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে [চিত্র 3ছ (ii) দেখ]।

উহার কারণ কি? কারণ এই যে বায়ু না থাকতে বায়ুর প্রবতা থাকিবে না; কাজেই গোলক ও বাটখারা এখন উহাদের প্রকৃত ওজন ফিরিয়া পাইবে। কিন্তু প্রবতার দরুন গোলকের ওজন-হ্রাস বেশী ছিল বলিয়া উহাব প্রকৃত-ওজন বাটখারার ওজন অপেক্ষা বেশী হইবে (প্রকৃত-ওজন = আপাত-ওজন + প্রবতার দরুন হ্রাস-প্রাপ্ত ওজন)। তাই, বায়ু নিষ্কাশন করিয়া লইলে কাচের গোলক ভারী হইয়া নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। কাজেই বলা যাইতে পারে যে বায়ুশূন্য স্থানে কোন বস্তুর ওজন বায়ুমধ্যে ওজন অপেক্ষা বেশী।

(ক) এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী :
এই বাক্য একটা কথা বোধ হয় ভোমবা শুনিয়া থাকিবে। কথাটা ভোমাদের কাছে হুবহু গোলমালে মনে হইতে পারে। উভয়েই যদি এক পাউণ্ড হয় তবে একটি যত্নটি অপেক্ষা ভারী হইব কিংবা? কিন্তু একটু ভাবিলেই এই উক্তিও বমি টপলেক্সি করিতে পারিবে। এক পাউণ্ড তুলা বা এক পাউণ্ড লোহা বামনে সাধারণত 'আদল' টানাদের বাস্তুতে দরুন পড়িবে। কিন্তু এই ওজন উহাদের প্রকৃত ওজন নয় উহা আপাত ওজন। এক পাউণ্ড তুলার আয়তন এর পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা অনেক বেশী। কাজেই তুলা বেশী বায়ু অপসারণ করিবে এবং বেশী উপস্থান অকৃত্রিম করবে। এত ফলনে উহাও ওজন-হ্রাসও বেশী হইবে। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে ওজন করিলে উহাদের প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে এবং বায়ুর উপস্থান না থাকায় দরুন তুলা বেশী ভারী হইবে।

(খ) বেলুন উড়ে কেন?

ভাসমান দেগিলাম সে, তবল ও গ্যাসীয় পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে একই বস্তু ব্যবহার করে। তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তু যেমন উপস্থানী হাত অকৃত্রিম করে যাহার ফলে তরল হতে হাল্কা বস্তু ভাসিয়া উঠিতে চায়, তেমনি বায়ুতে নিমজ্জিত বস্তুও স্থানচ্যুত বায়ু কর্তৃক উপস্থানী হাত অকৃত্রিম করে। স্বতরাং বায়ু হতে হাল্কা কোন বস্তু বায়ুমধ্যে রাখিলে উহা ভাসিয়া উপবে উঠিতে চেষ্টা করিবে। উহাই হইল বেলুন উড়িবার নীতি। ভোমবা যখনেকই ফানুস উড়ানো দেখিবার। ফানুসে কাগজের আবরণে কিছু বায়ু আবদ্ধ রাখা হয় এবং উহার ওলায় আগুন ধরাইবার ব্যবস্থা থাকে। বায়ু গরম হইয়া যেহেতু হাল্কা হয় তখন ফানুস উপবে উঠে।

বেলুন নির্মিত হয় সিল্কের কাপড় দ্বারা। উহাব ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস রাখা থাকে। তাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্কা। স্বতরাং বেলুন ফুগিয়া

উঠিলে যে-আয়তনের বায়ু স্থানচ্যুত করে উহার ওজন বেলুনের ওজন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় বেলুন অনায়াসে ভাসিয়া উপরে উঠে। খুব বড় সাইজের বেলুন হইলে উহা অনেক বায়ু অপসারণ করিবে এবং উহাতে উর্ধ্বঘাত এত বেশী হইবে যে মানুষ সহ বেলুন উর্ধ্ব উঠিতে পারিবে। এই রকমের উর্ধ্ব আরোহণের কাহিনী দ্ব্যত তোমরা শুনিয়া থাকিবে। গ্লেশার এবং কল্লণ্ডয়েল নামক দুইজন আরোহী এই প্রকার বেলুনের সাহায্যে প্রায় 29,000 ফুট উচ্চে আরোহণ কবিয়াছিলেন। একটি কথা মনে রাখিবে যে এই বেলুনের সাহায্যে যত খুশী উচ্চে আরোহণ করা যায় না। কারণ যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ তত কনিয়া যায়। উহাতে বেলুনের উপর উর্ধ্বঘাত কমিয়া যায়। বেলুনের ওজনের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় পৌঁছিলে বায়ুর উর্ধ্বঘাত বেলুনের ওজনের সমান হইয়া পড়ে। তখন বেলুন আর উপরে উঠে না।

হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়া বেলুনে হিলিয়াম গ্যাসও ভর্তি করা হয়। হাইড্রোজেনের অসুবিধা এই যে উহা দাহ্য পদার্থ—কিন্তু হিলিয়াম দাহ্য পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেনের সুবিধা এই যে, উহা হিলিয়াম অপেক্ষা হাল্কা।

(গ) বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা (Lifting power of a balloon) :

বেলুন স্থানচ্যুত উঠিলে উহা যতখানি বায়ু অপসারিত করে উহার ওজন বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ওজন অপেক্ষা বেশী হইলে বেলুন উপরে উঠে। ইহা আমরা জানি। এই দুই ওজনের পার্থক্যকে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা বলে। নিম্নলিখিত উপায়ে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, বায়ুর ঘনত্ব $= d_1$

বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ঘনত্ব $= d_2$

বেলুনের বাহিরের আয়তন অর্থাৎ অপসারিত বায়ুর আয়তন $= V_1$

বেলুনের অভ্যন্তরের আয়তন অর্থাৎ অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের $= V_2$

কাজেই, অপসারিত বায়ুর ওজন $= V_1 d_1$

এবং বেলুনের গ্যাসের ওজন $= V_2 d_2$

অতএব, বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 d_1 - V_2 d_2$

সাধারণত V_1 এবং V_2 সমান। কাজেই উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 (d_1 - d_2)$

এই ক্ষমতাব খানিকটা বেলুনের ওজন এবং বেলুনের অভ্যন্তরস্থ আবোহী ও অভ্যন্তর গ্যাসের ওজন কাটাইবার জন্য ব্যয়িত হয়।

(a) বেলুনে যদি হাইড্রোজেন থাকে, তবে আমরা জানি হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = $0.0698 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে, উত্তোলন ক্ষমতা = $V_1 d_1 (1 - 0.0698)$

$$= V_1 d_1 \times 0.9307.$$

(b) বেলুনে যদি হিলিয়াম থাকে, তবে আমরা জানি হিলিয়ামের ঘনত্ব = $0.1887 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে উত্তোলন ক্ষমতা = $V_1 d_1 (1 - 0.1887)$.

$$= V_1 d_1 \times 0.8113.$$

উদাহরণ :

(1) কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 50 gms., কিন্তু জলের ভিতর ওজন 40 gms। বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 50 gms in air and 40 gms in water. What is its density ?]

উ। বস্তুটির ওজনহ্রাসের অন্তরফল = অপসারিত জলের ওজন

$$\text{সুতরাং, অপসারিত জলের ওজন} = 50 - 40 = 10 \text{ gms.}$$

যেহেতু, জলের ঘনত্ব 1 gm/c c. কাজেই,

$$\text{অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{\text{জলের ওজন}}{\text{জলের ঘনত্ব}} = \frac{10}{1} = 10 \text{ c c.}$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুটির আয়তন} = 10 \text{ c.c.}$$

$$\therefore \text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}} = \frac{50}{10} = 5 \text{ gms/c c.}$$

(2) একখণ্ড লোহার ওজন 275 gms, পানিতে লৌহখণ্ডটি নিজ আয়তনের $\frac{5}{9}$ অংশ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। পানির ঘনত্ব 13.59 gms/c.c. হইলে লৌহের ঘনত্ব বাণ্দিব কর।

[A piece of iron weighs 275 gms. It floats in mercury with $\frac{5}{9}$ th of its volume immersed. If density of mercury be 13.59 gms/c.c. calculate the density of iron.]

উ। ধরা যাক, লোহার খণ্ডটির আয়তন = V c c.

$$\text{সুতরাং, নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\text{,, অপসারিত পানির আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\text{অথবা, ,, ,, ওজন} = \frac{5V}{9} \times 13.59 \text{ gms}$$

যেহেতু, লৌহখণ্ডটি ভাসিতেছে,

$$\text{কাজেই } \frac{5V}{9} \times 13.59 = 275$$

$$\text{অথবা, } V = \frac{275 \times 9}{5 \times 13.59} = 36.42 \text{ c.c.}$$

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, লৌহের ঘনত্ব} &= \frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}} = \frac{275}{36.42} \\ &= 7.55 \text{ gms/c.c.} \end{aligned}$$

(3) দুইটি বস্তুকে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে হইতে ঝালাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ডটি গুরুভূমিক হইল। একটি বস্তুর ওজন 28 gms ও ঘনত্ব 5.6 gms/c.c., অপর বস্তুটির ওজন 36 gms হইলে উত্তার ঘনত্ব কত?

[Two bodies balance each other when suspended from the arms of a balance in water. The mass of one is 28 gms and its density is 5.6 gms/c.c. If the mass of the other is 36 gms, what is its density?]

উ। ধর, উত্তার ঘনত্ব = d gms/c.c.

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় দুই বস্তুর আপাত ওজন সমান।

$$\text{প্রথম বস্তুর আপাত ওজন} = \frac{28}{5.6} = 5 \text{ c.c.}$$

$$\begin{aligned} \text{দ্বিতীয় বস্তুর আপাত ওজন} &= \text{প্রকৃত ওজন} - \text{সম-আয়তন জলের ওজন} \\ &= 36 - 5 \\ &= 31 \text{ gms.} \end{aligned}$$

$$\text{তেমনি, দ্বিতীয় বস্তুর আয়তন} = \frac{36}{d} \text{ c.c.}$$

$$\therefore \text{এ বস্তুর আপাত ওজন} = 36 - \frac{36}{d}$$

$$\therefore 36 - \frac{36}{d} = 31$$

$$\text{or, } \frac{36}{d} = 5$$

$$\text{or, } d = \frac{36}{5} = 7.2 \text{ gms/c.c.}$$

(4) 14 cm. ব্যাসের একটি চোঙাকৃতি পাত্রের তলদেশ হইতে 985.6 gms ওজনের একটি তাম্র খণ্ড নুলাইয়া জলে ভাসাইলে পাত্রটি উহার উচ্চতার 5 cm নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে। যদি খণ্ডটিকে পাত্রের মধ্যে রাখিয়া পাত্রটিকে জলে ভাসানো যায় তাহা হইলে উহার উচ্চতার কতটা জলে নিমজ্জিত থাকিবে? তাম্র ঘনত্ব = 9 gms/c.c.

[A cylindrical can 14 cm. in diameter floats in water with 5 cm of its height immersed below the surface of water when a copper block of mass 985.6 gms hangs from its bottom. If the block is now placed inside the can, what height of the can would be below the surface of water ?]

উ। প্রথমতঃ, পাত্র এবং খণ্ড উভয়েই জল অপসারণ করিবে এবং ভাসনের শক্তি প্রকৃষ্টাঙ্গী অপসারিত জলের ওজন উভয়ের ওজনের যোগফলের সমান হইবে।

$$\text{অতএব, } \pi (7)^2 \times 5 + \frac{985.6}{9} = \text{পাত্রের ওজন} + 985.6 \quad \dots (i)$$

দ্বিতীয়তঃ, তাম্রাণ খণ্ড পাত্রের ভিতরে থাকায় শুধু পাত্র জল অপসারণ করিবে এবং অপসারিত জলের ওজন পাত্র ও তাম্রাণ খণ্ডের ওজনের যোগফলের সমান হইবে।

$$\text{অতএব, } \pi (7)^2 \times h = \text{পাত্রের ওজন} + 985.6 \quad \dots (ii)$$

$$[h = \text{পাত্রের যে-উচ্চতা জলে নিমজ্জিত}]$$

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ দুইতে আমবা লিখিতে পারি,

$$\pi (7)^2 \times h = \pi (7)^2 \times 5 + \frac{985.6}{9}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \pi (7)^2 \{h - 5\} = \frac{985.6}{9}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{22}{7} \times 7 \times 7 \{h - 5\} = \frac{985.6}{9}$$

$$\therefore h - 5 = \frac{985.6}{9 \times 22 \times 7} = 0.71$$

$$\therefore h = 5.71 \text{ cm.}$$

(5) 100 c.c. আয়তনের এবং 0.85 gm/c.c. ঘনত্বের একটি বস্তু জলে ভাসিচ্ছে। জলের উপর 0.8 gm/c.c. ঘনত্বের একটি তরল পদার্থ ঢালা হইল যাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণ আবৃত হয়। বস্তুটির কত আয়তন এখন জলে ডুবিয়া আছে ?

[A body of density 0.85 gm./c.c. and of volume 100 c.c. floats in water. Oil of density 0.8 gm/c.c. is poured on water just enough to cover the body. What volume of the body would be now under water ?]

উ। বস্তুর ওজন = আয়তন \times ঘনত্ব = $100 \times 0.85 = 85$ gms.

ধর, বস্তুর V c.c. আয়তন জলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং $(100 - V)$ c.c. আয়তন তরলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং ভাসনের শর্ত হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$85 = V \times 1 + (100 - V) \times 0.8$$

$$= V + 80 - 0.8V$$

$$\text{or, } 0.2V = 5 \quad \therefore V = 25 \text{ c.c.}$$

(6) 2 cm. বর্গের প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি সুষম কাঠের দণ্ডের দৈর্ঘ্য 20 cm এবং উহার একপ্রান্তে 1 c.c. সীসা আটকানো আছে। দণ্ডটিকে জলে ভাসাইলে দৈর্ঘ্যের 7.4 cm. জলের বাহিরে থাকিবে। দণ্ডটি জলে স্থির হইয়া ভাসিতে থাকে। সীসার ঘনত্ব 11.4 gms/c.c. হইলে কাঠের কত ?

[A uniform rod of wood, 2 cm. square and 20 cm. long has 1 c.c. of lead of density 11.4 gms/c.c fixed at one end. When floated in water, the rod comes to rest with 7.4 cm of its length above the surface. Find the density of wood.]

উ। দণ্ডটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল = $2 \times 2 = 4$ sq. cm.

দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের যতটা জলে নিমজ্জিত তাহা = $20 - 7.4 = 12.6$ cm.

সুতরাং অপসারিত জলের আয়তন = $4 \times 12.6 = 50.4$ c.c.

এ জলের ওজন = $50.4 \times 1 = 50.4$ gms. [জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

ধরা যাউক, কাঠের ঘনত্ব = ρ gms/c.c.

কাঠের ওজন = $4 \times 20 \times \rho = 80 \rho$ gms.

সীসার ওজন = 1×11.4 gms.

দণ্ড ও সীসার মোট ওজন = $80 \rho + 11.4$ gms.

অতএব, ভাসনের শর্তানুযায়ী,

$$50.4 = 80 \rho + 11.4$$

$$\text{or, } 80 \rho = 39$$

$$\therefore \rho = \frac{39}{80} = 0.48 \text{ gm./c.c.}$$

(7) 21 lbs ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকানো আছে। সূতাটি 20 lbs টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে? লোহার ঘনত্ব $= 7.2 \times 62.5 \text{ lbs/c. ft.}$

[A lump of iron weighing 21 lbs is tied with a piece of thread. The thread can bear a tension of 20 lbs. If the lump be put in water being suspended by the thread what volume of the lump would remain in water so that the thread may just bear the tension? Density of iron is $7.2 \times 62.5 \text{ lbs/c. ft.}$]

উ। এস্থলে টুকরাটির আয়তনের এমন অংশ ডুবিয়া থাকিবে যাতাতে টুকরার আপাত ওজন 20 lbs হয়।

সূতবাৎ উঠার প্রয়োজনীয় ওজন হার = 1 lb = অপসারিত জলের ওজন

$$\therefore \text{অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{1}{62.5} \text{ c. ft.}$$

$$[\text{জলের ঘনত্ব} = 62.5 \text{ lbs/c. ft.}]$$

$$\text{অর্থাৎ, বস্তুর নিমজ্জিত আয়তনের পরিমাণ} = \frac{1}{62.5} \text{ c. ft.}$$

$$\text{এখন, বস্তুর পূর্ণ আয়তন} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব}} = \frac{21}{7.2 \times 62.5} \text{ c. ft.}$$

$$\text{বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{1}{62.5} : \frac{21}{7.2 \times 62.5}$$

$$= \frac{7.2}{21} = 0.343 \text{ (প্রায়)।}$$

(8) একটি ফাঁপা গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাস যথাক্রমে 8 এবং 10 cms ; গোলকটি 1.5 gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন একটি তরলে ঠিক ডুবিয়ে ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A hollow spherical ball whose internal and external radii are 8 and 10 cms. respectively is found to float in a liquid of density 1.5 gms/c.c. just fully immersed. What is the density of the material of the ball ?]

উ। গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 4 এবং 5 cms.

এখন, গোলকটির বাহিরের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi(5)^3$ c.c.

এবং ভিতরের ফাঁপা অংশের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi(4)^3$ c.c.

$$\begin{aligned}\therefore \text{গোলকের উপাদানের আয়তন} &= \frac{4}{3}\pi(5)^3 - \frac{4}{3}\pi(4)^3 \\ &= \frac{4}{3}\pi \times 61 \text{ c.c.}\end{aligned}$$

যদি, গোলকের উপাদানের ঘনত্ব = ρ

কাজেই, গোলকের ভর = উপাদানের আয়তন \times উপাদানের ঘনত্ব

$$= \frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho \text{ gms}$$

এখন, গোলকটি ঠিক ডুবিয়ে ভাসে বলিয়া স্থানচ্যুত তরলের ভর

= গোলকের বাহিরের আয়তনের সমতুল্যত্বের তরলের ভর

$$= \frac{4}{3}\pi(5)^3 \times 1.5 \text{ gms}$$

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

গোলকের ভর = স্থানচ্যুত তরলের ভর

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{4}{3}\pi \times 61 \times \rho = \frac{4}{3}\pi(5)^3 \times 1.5$$

$$\therefore \rho = \frac{125 \times 1.5}{61} = 3.07 \text{ gms/c.c. (প্রায়)}$$

(9) একটি বয়ার আয়তন 200 litres এবং উহার উপাদানের ঘনত্ব 0.95 gm/c.c., সমুদ্র-তলে ঝাটকানো একটি হাল্কা শিকলের সাহায্যে বয়োটিকে জলের মধ্যে নিমজ্জিত অবস্থায় বাসাহারা রাখা হইয়াছে। উহাতে শিকলের উপর কত টান পড়িতেছে ? সমুদ্রজলের ঘনত্ব = 1.02 gm/c.c.

[A buoy of volume 200 litres and density 0.95 gm/c.c. is fully immersed in sea-water of density 1.02 gm/c.c., being anchored to the sea-bottom by a light chain. What is the tension in the chain ?]

$$\begin{aligned}\text{উ। স্থানচ্যুত সমুদ্রজলের আয়তন} &= 200 \text{ litres} = 200 \times 1000 \text{ c.c.} \\ &= 2 \times 10^5 \text{ c.c.}\end{aligned}$$

$$\text{এ জলের ওজন} = 2 \times 10^5 \times 1.02 \text{ gm} = 204,000 = 204 \text{ kgm.}$$

$$\text{বায়ুর ওজন} = 2 \times 10^5 \times 0.95 = 190 \text{ kgm.}$$

$$\text{কাজেই, শিকলের উপর টান} = (204 - 190) = 14 \text{ kgm. wt.}$$

সারাংশ

কোন বস্তু আংশিক বা পূর্ণভাবে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে নিমজ্জিত থাকিলে ইহা উর্ধ্বাভিমুখী ঘাত অনুভব করিলে। এই ঘাত বস্তুটি যে-আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করিলে তাহার ওজনের সমান হয়। এই উর্ধ্বাভিমুখী ঘাতকে প্রবৃত্তি বলে। স্থানচ্যুত তরলের বা বায়বীয় পদার্থের ভাবকেন্দ্রে প্রবৃত্তি-কেন্দ্র বলে।

আর্কিমিডিসের নীতি :

কোন বস্তুকে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে আংশিক অথবা পূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে তরল ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল অথবা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে উহার ওজনের সমান।

আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ :

- (i) অসম আকৃতির বস্তুব আয়তন নির্ণয়।
- (ii) পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয়।
- (iii) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়।

বস্তুভাসমান ও নিমজ্জন :

যদি বস্তুর ওজন W_1 ও প্রবৃত্তি W_2 হয় তবে,

- (i) বস্তু তরলের তলে থাকিবে যদি $W_1 > W_2$
- (ii) বস্তু তরলের ভিতরে যে-কোন স্থানে থাকিবে যদি $W_1 = W_2$
- (iii) বস্তু ভাসিয়া উঠিবে যদি $W_1 < W_2$

বাস্যবস্তুর ভাসনের শর্ত :

(i) বস্তুটির এমন অংশ তরলের নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(ii) বস্তুটির ভাবকেন্দ্র ও প্রবৃত্তি-কেন্দ্র একই লম্ব রেখায় থাকিবে।

আর্কিমিডিসের নীতি গ্যাসের বেলাতেও প্রযোজ্য। ইহা ব্যবহার্য্যে যন্ত্রের সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

প্রশ্নাবলী

1. (আর্কিমিডিসের নীতি কি?) এই নীতির পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[What is Archimedes' principle? Describe its experimental verification.]
[cf. H. S. Exam. 1960, '62 (Comp), 1963]

2. 'অপাত ওজন এবং প্রকৃত ওজন বলিতে কি বোঝ? কোনটি বেশী এবং কেন?'

[What do you mean by apparent weight and real weight? Which one is greater and why?]
[cf. H. S. (comp) 1963]

3. আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া কোন অসম আকৃতির বস্তুর আয়তন ও ঘনত্ব ক্রমে নির্ণয় করবে?

[How would you determine the volume and density of a body of irregular shape by applying Archimedes' principle?]
[cf. S. Exam., 1960]

4. একটি বস্তুর আয়তন 86 c. c., বস্তুটি উহাৰ আয়তনের $\frac{3}{4}$ অংশ জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। বস্তুটির ওজন ও ঘনত্ব কত?

[The volume of a body is 86 c. c. and it can float in water with $\frac{3}{4}$ th of its volume immersed. What are the weight and density of the body?]
[Ans. 27 gms; 0.75 gm/c. c.]

5. একগুণ কাঠের টুকরার দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 8 cm. যদি টুকরোটি উচ্চতার 2.5 cm জল নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে তবে উহাৰ ওজন এবং ঘনত্ব কত?

[A piece of wood is 5 cm long, 4 cm broad and 8 cm high. If it floats in water with 2.5 cm of its height immersed, what will be the weight and density of the piece?]
[Ans. 50 gms; 0.88 gm/c. c.]

6. 1000 litres আয়তনযুক্ত এবং 950 kgm ওজনের একটি বস্তুকে সমুদ্রজলে আটকানো একটি শিকলের সাহায্যে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় রাখা আছে। সমুদ্রজলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.02 হইলে শিকলের উপর কত টান পড়িতেছে নির্ণয় কর। শিকলের ওজন উপেক্ষণীয়।

[A buoy of volume 1000 litres and weighing 950 kgm is fully immersed in sea-water of sp. gravity 1.02, being anchored to the sea-bottom by a chain. What is the tension on the chain? Ignore the weight of the chain.]

[H. S. (comp) 1963] [Ans. 70 kgm. wt]

7. একটি বস্তু নিজ আয়তনের $\frac{3}{4}$ অংশ জলেব বাহিরে বাখিয়া ভাসিতে পারে। ঐ বস্তুটিকে 1.2 gms/c. c. ঘনত্বসম্পন্ন অল্প একটি তরলে ভাসাইলে উহাৰ আয়তনের কত অংশ ঐ তরলেব বাহিরে থাকিবে?

[A substance can float in water with $\frac{3}{4}$ th of its volume projecting. What portion of its volume will project if it floats in another liquid of density 1.2 gms/c.c.]
[Ans. $\frac{1}{4}$]

৪. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর পবিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও :—

- একটি ভারী পাথরকে জলের তিতব সহজে সবানো যায় কেন ?
- নদীতে জলে সাঁতার কাটাতে সমুদ্রে-জলে সাঁতার কাটা সহজ কেন ?
- সমুদ্র-জলে হইতে নদী-জলে আসিলে জাহাজ বেশী ডোবে কেন ?
- লৌহখণ্ড জলে ডোবে কিন্তু লৌহাব তৈরী জাহাজ জলে ভাসে কেন ?
- বিশুদ্ধ জলে ডিম ডোবে কিন্তু তাত্র লবণাক্ত জলে ভাসে কেন ?
- খেলনার বেগুন হাইড্রোজেন ভর্তি করিলে ছাদে গিয়া ঠেকে, কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড ভর্তি করিলে মেঝেতে পড়িয়া থাকে কেন ?

(g) প্লিমসল্ বোতাগুলিতে সমুদ্রজল এবং বিশুদ্ধ জলের জন্ত ভিন্ন ভিন্ন দাগ থাকে কেন ?

[Answer the following questions carefully :—

- Why is it easier to lift a heavy stone under water ?
- Why is it easier to swim in sea-water than in river-water ?
- Why does a ship sink lower into water when it sails from sea into river ?
- Why does a lump of iron sink while a ship made of iron floats in water ?
- Why does an egg sink in pure water but floats in a strong solution of salt ?
- Why toy balloons, if filled with hydrogen, would rise to the ceiling, but if filled with carbon dioxide would sink to the floor ?
- Why in Plimsoll mark there are different lines for loading in sea water and in fresh water ?

৯. ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলি বুঝাইয়া দাও। এবং ভাসন ও নিমজ্জনে গোল বস্তুর কি করা প্রয়োজন ?

[Explain the conditions of floatation and immersion. What should a body do to float at rest in a liquid ?]

10. কার্টিসিয়ান ডাইভার বর্ণনা কর ও উহা কয়প্রকার বুঝাইয়া দাও। উহা কয়প্রকার কোন আধুনিক প্রয়োগে তোলাব জানা আছে ?

[Describe the 'Cartesian diver' and explain how it acts. Do you know of any modern appliance which is based on this principle ?]

11] একটি বস্তু বায়ুতে ওজন ৪৫ gms, কিন্তু জলে ওজন ২৪ gms ; বস্তুর ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 45 gms in air and 24 gms in water. What is its density ?]

[Ans. 5 gms/cc]

12. একটি আয়তাকার কাঠের কলক দৈর্ঘ্য ৪ ft, প্রস্থ ৪ ft এবং উচ্চতা ১৮ inches উচ্চ ওজন ৬০০ lbs ; সমুদ্র-জলের ঘনত্ব ৬৫ lbs/c ft হইলে প্রমাণ কর যে ফলকটি সমুদ্র-জলে ভাসিবে। ন্যূনতম কত ওজন ফলকের উপর চাপাইলে উহা ঠিক ডুবিয়া পাইবে ?

[A rectangular wooden slab is 4 ft long, 4 ft broad and 18 inches high. It weighs 600 lbs. Density of sea-water being 65 lb/c. ft. ; prove that the slab will float in sea water. What is the minimum weight to be placed on the slab so that it just sinks ?]

[Ans. 960 lbs.]

13. একটি তুলাদণ্ডে দুইপ্রান্ত হইতে দুইটি বস্তুকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে অশূন্য থাকে। একটির ওজন 82 gms ও ঘনত্ব 8 gms/c.c.; অপরটির ঘনত্ব 5 gms/c.c. হইলে উহার ওজন কত?

[The beam of a balance remains horizontal when two bodies suspended from the ends are kept immersed in water. The mass of one of them is 82 gms and density is 8 gms/c.c. The density of the other being 5 gms/c.c., what is its mass?] [Ans. 35 gms.]

14. 0.9 gm/c.c ঘনত্বের একখণ্ড কাঠ এবং 2.7 gms/c.c ঘনত্বের ও 10 gms ওজনের এক টুকরা অ্যালুমিনিয়াম এক সঙ্গে বাঁধিয়া দেখা যায় যে উহারা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসিতে পারে। কাঠের টুকরার আয়তন নির্ণয় কর।

[A piece of wood (density = 0.9 gm/c.c.) and a piece of aluminium (density = 2.7 gms/c.c.) weighing 10 gms. when tied together are found to float just immersed in water. Calculate the volume of the piece of wood.] [Ans. 68 c.c.]

15. একটি কাঠের ঘনত্বের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 4 cm এবং উহার ওজন 48 gm; প্রসারিত এই ঘনত্বটি ভাসাইলে ঘনত্বের উপরিভাগ অশূন্যক তল তলেব তল হইতে 1.6 cm উত্থান থাকে। প্রসারিতের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A cube of wood whose edge is 4 cm. weighs 48 gms. When this cube is floated in glycerine, it is found that upper horizontal face is 1.6 cm. above the surface. Find the density of glycerine.] [Ans. 1.25 gm/c.c.]

16. একটি হাঁপা গোলকের ভিতরের ব্যাস 1 cm. এবং বাহিরের ব্যাস 12 cm 1.2 gm/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন কোন তলে গোলকটি ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A hollow sphere has an internal and external diameter of 10 cm. and 12 cm. respectively. It floats in a liquid of density 1.2 gm/c.c. and fully immersed. Determine the density of the material of the sphere.]

[Ans. 2.84 gms/c.c.]

17. খাড়া দেওয়ালবিশিষ্ট একটি পণ্টনের ভূমি আয়তাকার (500 ft. × 10 ft.)। পণ্টনের প্রথম দিক বোঝাই করা আছে যে পণ্টনের ভূমি 6 ft গভীরে ডুবিয়া আছে এবং 4.54 ft জলের বাহিরে আছে তখন পণ্টনটিতে 100 গ্যালন জল ঢুকিতে লাগিল। প্রতি মিনিটে 100 gallons জল ঢুকিলে কতক্ষণ পরে পণ্টনটি জলে ডুবিয়া যাইবে?

[A pontoon with perpendicular sides has a rectangular base 500 ft by 10 ft. It is loaded so that the base is submerged to a depth of 6 ft and 4.54 ft. of the pontoon remains above water. It commences to leak taking 100 gallons of water per minute. How long will it be before it sinks?]

1 c. ft. = $\frac{28.81}{4.54}$ gallons]

[Ans. 28½ hrs. (প্রায়)]

18. আর্কিমিডিসের নীতি কি গ্যাসের বেলায় প্রযোজ্য? পৰীক্ষা দ্বারা ব্যাখ্যা কর।
'এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড সোণ অপেক্ষা বেশী ভারী'—এই উক্তিটির বৈধতা ব্যাখ্যা কর।

[Is Archimedes' principle applicable to gases? Explain with suitable experiment. 'A pound of cotton is heavier than a pound of lead'—justify this statement.] [H. S (Comp) 1962]

19. পিতল নির্মিত বাটখাবার সাহায্যে একটি সূক্ষ্ম তুলান্বে এক টুকরা দস্তা ওজন করিয়া দেয়া গেল যে প্রাপ্ত-ওজন টুকরাটির প্রকৃত-ওজন অপেক্ষা কম হইতেছে; অথচ অ্যালুমিনিয়াম নির্মিত বাটখাবার সাহায্যে ওজন করিলে দেখা যায় প্রাপ্ত-ওজন প্রকৃত-ওজন অপেক্ষা বেশী হইতেছে। এরূপ হইবার কারণ কি? (দস্তার ঘনত্ব = 7.2; পিতলের ঘনত্ব = 8.5; অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব = 2.6 gms/cc)

[A piece of zinc, when weighed on a sensitive balance, appears to weigh less than its true weight if brass weights are used, but more than its true weight if aluminium weights are used. Why does it happen? Densities : zinc = 7.2; brass = 8.5; aluminium = 2.6 gms/cc]

[Objective Type Questions]

20. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর :-

- কোন স্পষ্ট কোন তরলের আপেক্ষিক আয়তন পরিমাপের—একটি যন্ত্র উদ্ভাবিত—অমৃতদেব বলে।
- তরল প্রভৃতি উদ্ভাবিত—বলে।
- বস্তু ও তরল দুটির মধ্যে তরলের ভাবের পার্থক্য—বলে।
- কোন স্পষ্ট কোন ভাসিলে বস্তুটির এমন অংশ তরলে—একটি যন্ত্র বাহ্যিক অংশটিতে অপর অংশটিতে প্রবলেব ওজন একইভাবে প্রকাশিত হয়।
- বস্তু ও তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা—এই তরল প্রভৃতি তরল ডায়াস্টিক।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়

[Specific gravity and its determination]

4-1. আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) :

সম-আয়তনের বিভিন্ন দ্রব্য বিভিন্ন রকমের ভারী। যেমন, এক ঘন সেন্টিমিটার সোনা এক ঘন সেন্টিমিটার তামা অপেক্ষা ভারী। জলকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সম-আয়তন জল অপেক্ষা কোন বস্তু কতগুণ ভারী তাহা দ্বারা ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝানো হয়। যথা, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.32—ইহার অর্থ এই যে, একগুণ সোনা সম-আয়তন জল অপেক্ষা 19.32 গুণ ভারী।

কাজেই 'S' যদি কোন পদার্থের (কঠিন বা তরল) আপেক্ষিক গুরুত্ব ধরিয়া লওয়া যায় তবে,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

[**দ্রষ্টব্য :** জলের ঘনত্ব তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। দেখা গিয়াছে যে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। আপেক্ষিক গুরুত্ব বিচারে সম-আয়তন জলের 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় যে ওজন তাহা ধরা হয়। কিন্তু খুব ক্ষুদ্র মাপের প্রয়োজন না হলে তাপমাত্রার উল্লেখের বিশেষ প্রয়োজন থাকে না।]

আপেক্ষিক গুরুত্বের উপরোক্ত সংজ্ঞায় বস্তুটির যে কোন আয়তন লইলেই চলে। ধরা যাউক, বস্তুটির একক (unit) আয়তন লওয়া হউল। অতএব,

$$S = \frac{\text{একক আয়তন বস্তুর ওজন}}{\text{একক আয়তন জলের ওজন}}$$

কিন্তু একক আয়তনের ওজনে, পার্থক্য ঘনত্ব বলে। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব দুইটি ঘনত্বের ভাগফল হওয়ায়, আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক (unit) নাই। বলা কখন ইহাকে আপেক্ষিক ঘনত্বও (relative density) বলা হয়।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. কাজেই এই পদ্ধতিতে $S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{1}$; অর্থাৎ, এই পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্বের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান একই। কিন্তু এক. পি. এস. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 62.5 lbs/c. ft.

$$\text{সুতরাং } S = \frac{\text{এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব}}{62.5}$$

অথবা, $S \times 62.5 = \text{পদার্থের ঘনত্ব (এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে)}$

[আপেক্ষিক গুরুত্বের তাপমাত্রা সংশোধন (Temperature correction of specific gravity) :

পূর্ব উল্লেখ করা হইয়াছে যে পদার্থের একটিইন আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কবিত্তে হইলে 4°C তাপমাত্রায় সম-আয়তনের জল লইয়া পদার্থটি রাখিতে হইবে। কিন্তু পদার্থ-কার্য চালাইবার সময় জলের তাপমাত্রা ভিন্ন থাকে। সুতরাং প্রায় ৩৫°C হইতে ৩০°C তাপমাত্রায় কিরূপে নিরূপিতভাবে আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে? তাহা জানা প্রয়োজনীয় সংশোধন কবিত্তে হইবে। এই তাপমাত্রা সংশোধন নিম্নলিখিতরূপে করা যাইবে। মনে কর, পদার্থটির সম-জলের তাপমাত্রা 1°C.

এখন পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' হইলে, আমরা জানি,

$$S = \frac{\text{দ্রব্য গুণন}}{4^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের গুণন}}$$

এই সম-আয়তনকে নিম্নলিখিতভাবে বুঝিয়া লেখা যায়,

$$S = \frac{\text{দ্রব্য গুণন}}{4^\circ\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের গুণন}} = \frac{1^\circ\text{C তাপমাত্রায় এই জলের গুণন}}{4^\circ\text{C " " " " " "}}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের প্রথম অংশ পদার্থটির তাপমাত্রায় পদার্থের নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং দ্বিতীয় অংশ 1°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব। অতএব,

$$S = \text{নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব} \times 1^\circ\text{C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব।}$$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব গত ২য় তাহ্ণ একটি তালিকা (table) আছে। কাজেই এই তালিকা হইতে পদার্থটির সম-আয়তন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব জানিয়া, উহা দ্বারা নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্বকে গুণ কবিলে পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে।]

4.2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের তফাৎ (Difference between sp. gravity and density).

(1) আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র এবং ইহার কোন একক নাই, কিন্তু ঘনত্ব তাহা নয়। ঘনত্বের নির্দিষ্ট একক আছে।

(2) সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 হইলে সোনার ঘনত্ব 19 gms/cc.

(3) এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান এবং আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান নয়। আপেক্ষিক গুরুত্বকে 62.5 দিয়া গুণ করিলে ঘনত্ব পাওয়া যায়। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 কিন্তু এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব = 19×62.5 lbs. c. ft.

4-3. আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Practical determination of specific gravity) :

কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবাদ বিভিন্ন উপায় আছে। এই উপায়গুলি নিম্নরূপ :

- (1) উদৈষ্টিক তুলা (Hydrostatic balance) দ্বারা,
- (2) ভাসন পদ্ধতি (Floatation method) দ্বারা,
- (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা,
- (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল (Specific gravity bottle) দ্বারা,
- (5) হেয়ার্ডার দ্বারা।

4-4. উদৈষ্টিক তুলা দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

(1) কঠিন পদার্থ যখন জল অপেক্ষা ভারী এবং জলে দ্রবণীয় নয়, যথা -- লোহা, পান্ন ইত্যাদি (Solid heavier than and insoluble in water) :

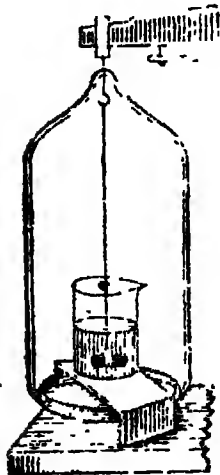
স্থানিয়মঃ পদার্থ বস্তু লব্ধ এবং তুলাদ্বারা বস্তুটির বাস্তব ও জল বাতিল কর। ধর, এই ওজন W_1 , চিত্র 4-4-এ দেখানো হইয়াছে একপ্লেট ডুপ্লোয়া বস্তু ওজন বাতিল কর। ধর, এই ওজন W_2 .

অনিমিডসেব নীতি অনুযায়ী,

$W_1 - W_2 =$ অপসারিত সম-আয়তন জলের ওজন।

সুতরাং, কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম আয়তন জলের ওজন}} = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$



চিত্র 4-4

(2) কঠিন পদার্থ যখন জলে দ্রবণীয় ; যথা—কটকিরি, মিছরি, ইত্যাদি।

এস্থলে এমন একটি তরল পদার্থ লইতে হইবে যাহাতে কঠিন পদার্থটি দ্রবণীয় নয়। যেমন, কটকিরির বেলাতে কেরোসিন তেল লইলে চলিবে।

পরিমাপ্য বস্তু একটি খণ্ড লও এবং বায়ুতে উহার ওজন বাহির কর। পর এই ওজন W_1 । অতঃপর 4ক নং চিত্রেব মত ব্যবস্থা করিয়া বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন বাহির কর। পর, এই ওজন W_2 ।

সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density)—

$$S_2 = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

যদি কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব S_1 এবং তরলের আপেক্ষিক S_2 হয় তবে,

$$S = S_2 \times S_1 = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \times S_1$$

[কারণ $S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সদ-আয়তন তরলের ওজন}}$

$\frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সদ-আয়তন তরলের ওজন}} = \frac{\text{সদ-আয়তন তরলের ওজন}}{\text{সদ-আয়তন জলের ওজন}} \times S_1$

তরলের তুলনায় বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব S_2 তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= S_2 \times S_1]$$

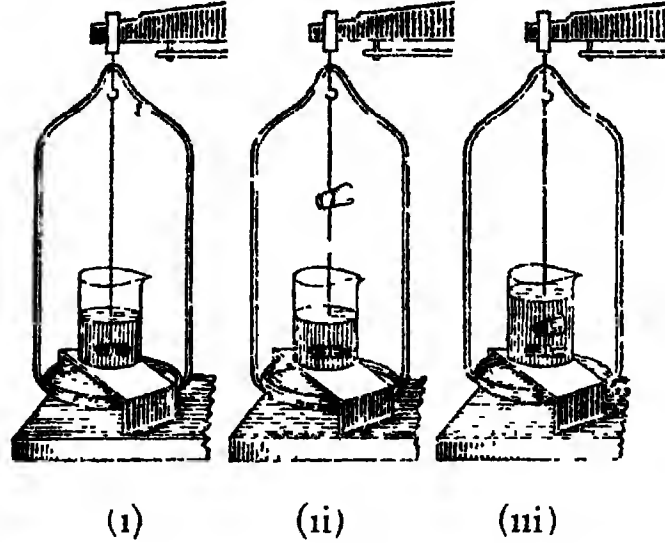
(3) কঠিন পদার্থ জলে দ্রবণীয় নয় কিন্তু জল অপেক্ষা হালকা।
যথা—বক, মোহা ইত্যাদি।

পরিমাপ্য বস্তু একটি টুকরা লও।

জলের চাহিতে হালকা হওয়াতে বস্তুকে জলে পূর্ণ নিমজ্জিত করিবার জন্য একটি ভারী বস্তু সাহায্য লইতে হইবে। ইহাকে নিমজ্জক (sinker) বলে। এক খণ্ড লোহার টুকরা হইলেই চলিবে।

প্রথমে লোহার টুকরাটিকে জলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন লও [4খ (1 নং চিত্র)]। পর, এই ওজন W_1 ।

তারপর এই নিমজ্জককে এবং বস্তুকে এমনভাবে তুলানো হইতে থুলাও যে বস্তুটি বায়ুতে থাকে কিন্তু নিমজ্জকটি জলে ডুবিয়া থাকে [4খ (ii) চিত্র]। এই অবস্থায় উহাদের ওজন বাহির কর এবং ধরা যাউক, ইহা W_2 .



চিত্র 4খ

পরে নিমজ্জক ও বস্তুটি একসঙ্গে সূতায় বাধিয়া জলে ডুবাইয়া ওজন বাহির কর [চিত্র 4খ (iii)]। এখন, এই ওজন W_3 .

সুতরাং, লেখা যাইতে পারে

$$\text{জলে নিমজ্জকের ওজন} = W_1$$

$$\text{নিমজ্জক জলে ও বস্তু বায়ুতে বাধিয়া ওজন} = W_2$$

$$\text{নিমজ্জক ও বস্তু উভয়কে জলে বাধিয়া ওজন} = W_3$$

$$\text{সুতরাং } W_2 - W_1 = \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } W_2 - W_3 &= \text{বস্তুর বায়ুতে ওজন} - \text{বস্তু জলে ডুবা হলে ওজন} \\ &= \text{বস্তুর সম-আয়তনের জলের ওজন} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং, কঠিন বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব } S = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$$

(4) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

এক্ষেত্রে এমন একটি কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে এবং উক্ত তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল ও উক্ত তরল পদার্থ অপেক্ষা ভারী।

$$\text{ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন} = W_1$$

$$\text{,, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন} = W_2$$

$$\text{,, তরলে ,, ,, ,, } = W_3$$

সুতরাং অপসারিত জলের ওজন $= W_1 - W_2$

এবং " তরলের " $= W_1 - W_3$

যেহেতু একই বস্তু জলে ও তরলে ডুবানো হইল কাজেই অপসারিত জল ও তরলের আয়তন সমান, কারণ প্রত্যেকেই বস্তুর আয়তনের সমান।

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব } S &= \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} \\ &= \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2} \end{aligned}$$

উদাহরণ :

(1) একটি ধাতব বস্তুর বায়ুতে ওজন 35 gms এবং জলে পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন 30 gms. এই ধাতব আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A metallic substance weighs 35 gms in air and 30 gms in water. What is the specific gravity of the metal ?]

উ : অপসারিত সম আয়তন জলের ওজন $= 35 - 30 = 5$ gms.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, ধাতব আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} \\ &= \frac{35}{5} = 7 \end{aligned}$$

(2) এবণ্ড কর্কের বায়ুতে ওজন 2 gms. একটি নিমজ্জকের জলে ওজন 50 gms. যখন নিমজ্জক ও ককটি একসাথে জলে ডুবাইয়া ওজন করা হইল তখন দেখা গেল উহা 44 gms. কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of cork weighs 2 gms. in air and a piece of sinker weighs 50 gms. in water. When the substance and the sinker are weighed together in water, it was 44 gms. Find the sp. gravity of cork.]

উ। নিমজ্জকের জলে ওজন (W_1) = 50 gms.

নিমজ্জক জলে + কর্ক বায়ুতে এই অবস্থায় ওজন (W_2) = 2 + 50
= 52 gms.

" " + কর্ক জলে " " " (W_3) = 44 gms.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব} &= \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \\ &= \frac{52 - 50}{52 - 44} = \frac{2}{8} = 25 \end{aligned}$$

(3) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 36 gms. কিন্তু কোন তরলে ডুবাইলে ওজন হয় 31.96 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.26 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A body weighs 36 gms. in air but weighs 31.96 gms. in a liquid. If the sp. gravity of the liquid be 1.26, what is the sp. gravity of the substance ?]

উ। বস্তুর বায়ুতে ওজন (W_1) = 36 gms.

„ তরলে „ (W_2) = 31.96 gms

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব } S_2 &= \frac{W_1}{W_1 - W_2} \\ &= \frac{36}{36 - 31.96} \\ &= \frac{36}{4.04} = 1.01 \end{aligned}$$

সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব = $S_2 \times$ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= 1.01 \times 1.26 = 1.26$$

(4) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 7.55 gms., জলে ওজন 5.15 gms. ও কোন তরলে ওজন 6.35 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A body weighs 7.55 gms in air. 5.15 gms in water and 6.35 gms in a liquid. Calculate the sp. gravity of the liquid.]

উ। অপসারিত জলের ওজন = 7.55 - 5.15

$$= 2.4 \text{ gms.}$$

অপসারিত তরলের ওজন = 7.55 - 6.35

$$= 1.2 \text{ gms.}$$

$$\text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} = \frac{1.2}{2.4} = 0.5$$

(5) একটি সীসার বল ফাঁপা মনেহ হয়। বায়ুতে উহার ওজন 228 gms, এবং জলে ওজন 207 gms. সীসার আপেক্ষিক গুরুত্ব 11.4 হইলে বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন কত ?

[A lead sphere appears to be hollow It weighs 228 gms in air and 207 gms in water. If the sp. gravity of lead be 11.4, find the volume of the hollow portion of the sphere.]

৩। বলটির সীসা অংশের আয়তন = $\frac{\text{উহার ওজন}}{\text{উহার আ: গু:}} = \frac{228}{11.4} = 20 \text{ c. c.}$

অর্থাৎ বলটির ওজনের আপাত-হ্রাস = $228 - 207 = 21 \text{ gms.}$

সুতরাং, অপসারিত জলের আয়তন = 21 c. c.

অর্থাৎ, বলটির বাহিরের আয়তন = 21 c. c.

সুতরাং বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন = $(21 - 20) = 1 \text{ c. c.}$

4-5. ভাসন-পদ্ধতির দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by floatation method) :

এই পদ্ধতিতে ঘাটা নির্দিষ্ট আকারের, যথা, ঘনক (cube), চোঙ (cylinder) বা আয়তাকার ব্লক (parallelepiped) ইত্যাদি পদার্থ দ্বারা তরু অপেক্ষা হালকা এবং জলে অদ্রব্য তরুদেব আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে সুবিধা এই যে উহাতে তুলনামূলক প্রয়োজন নাই।

মনে কর, কাঠের একটি আয়তাকার ব্লক যার A sq. cm এবং উচ্চতা H cm, সুতরাং ব্লকটির আয়তন = $A \times H \text{ c. c.}$

একটিকে জলে ডালিয়া দিলে উহা ভাসিবে। যদি বাউক উহা'র উচ্চত্ব'র x অংশ জলে নিমজ্জিত হইবে।

সুতরাং নিমজ্জিত অংশের আয়তন = $A \times x \text{ c. c.}$

= অপসারিত জলের আয়তন

কাজেই, অপসারিত জলের

ওজন = $A \times x \text{ gms}$

- ব্লকটির ওজন

[ভাসনের শর্ত হইলে]

[জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

∴ বাউকের আপেক্ষিক গুরুত্ব

= ব্লকের ওজন

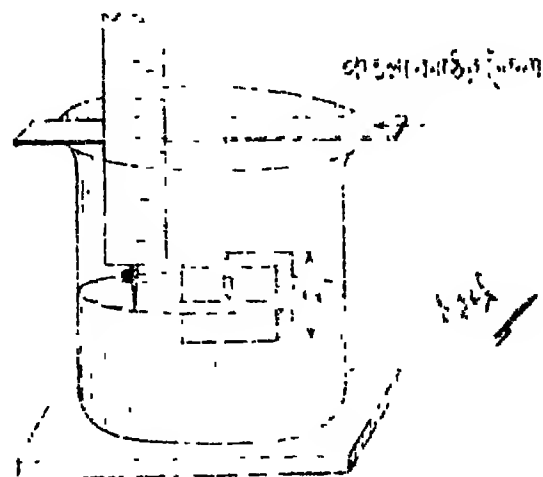
= সম-আয়তন জলের ওজন

= $\frac{A \times x}{A \times H} = \frac{x}{H}$

পরীক্ষা : একটি বড় মুখ-

ওয়ালা কাঁচপাত্রের অধিক জল-

ভর্তি কর এবং উহাতে কাঠের ব্লকটি ভাসাও। পাত্রের মুখে আঙাআঙি



ভাসন পদ্ধতি দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র ১৬

করিয়া একখানি পাতলা ও সরু কাঠের টুকরা রাখ (চিত্র 4গ)। এইবার একটি মিলিমিটার স্কেলের একপ্রান্তে একটি আলপিন ঝাঁটা বা মোম দিয়া জুড়িয়া দাও এবং স্কেলটিকে টুকরার গা ঘেঁষিয়া এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ ঠিক জলতল স্পর্শ করে। এই অবস্থায় কাঠের টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এইবার স্কেলটিকে এমনভাৱে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ কাঠের ব্লকটির উপরতল স্পর্শ করে এবং এই অবস্থায় পুনরায় টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এই দুই পাঠের বিয়োগফল ধর, 'h'-এর সমান। এখন ব্লকটিকে জল হইতে তুলিয়া আনিয়া স্কেলেব সাহায্যে উহার উচ্চতা 'H' নির্ণয় কর। সুতরাং $x = H - h$ ।

$$\text{কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{x}{H} = \frac{H - h}{H}$$

উদাহরণ : একটি সর্বত্র সমান প্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাঠের চোঙ 15 cm. লম্বা। উহাকে জলে ভাসাইলে উহাৰ উচ্চতাৰ 3 cm. জলের বাহিবে থাকে। কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A wooden cylinder of uniform cross-section is 15 cm long. It floats in water with 3 cm. of its length projecting. What is the sp. gravity of wood ?]

উ। এখানে $h = 3 \text{ cm}$, এবং $H = 15 \text{ cm}$ ।

$$\text{সুতরাং কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{H - h}{H} = \frac{15 - 3}{15} = \frac{12}{15} = 0.8.$$

4-6. হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by Nicholson's hydrometer) :

হাইড্রোমিটার দুই প্রকারের। (1) নিকলসন হাইড্রোমিটার ও (2) সাধারণ হাইড্রোমিটার :

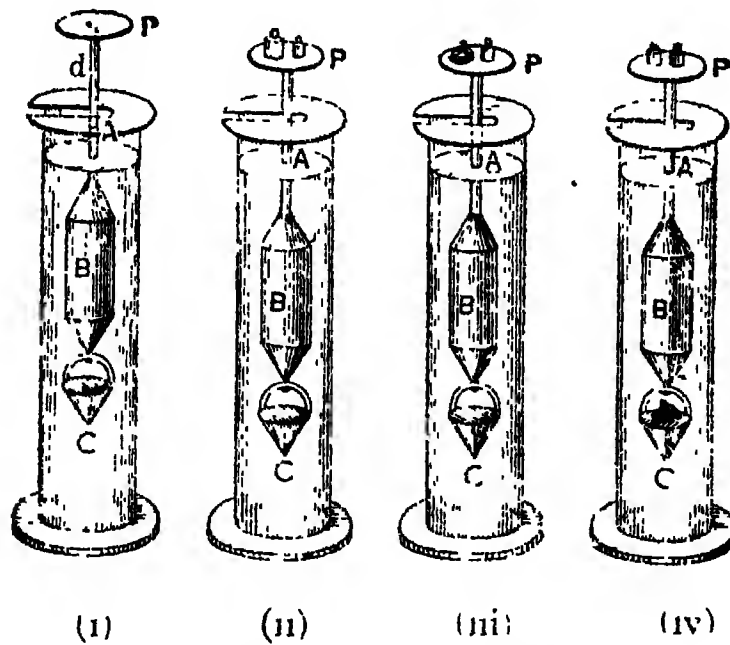
নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ :

B একটি পাতলা ধাতুনির্মিত চোঙ। চোঙটির দুইপ্রান্ত শঙ্কু আকৃতি (conical) [পৃষ্ঠায় 4ঘ (i) নং চিত্র]। উপরের শঙ্কুর সহিত একটি ছোট দণ্ড d লংগানো আছে এবং দণ্ডের প্রান্তে P একটি পাত্র যাহার উপর বাউখারা, কোন্‌ কঠিন বস্তু ইত্যাদি রাখা যায়। তলার শঙ্কুর সহিত একটি ছোট বালতি (bucket) C আটকানো। এই বালতিটি পারদ অথবা সীসার দ্বারা ভর্তি করা থাকে। ইহাৰ ফলে সমগ্র যন্ত্রটির ওজন এমন হয় যে কোন তরলে আংশিক

নিমজ্জিত অবস্থায় খাড়াভাবে ভাসিতে পারে। d -দণ্ডের উপর A একটি দাগ কাটা থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহার করিবার সময় সর্বদা ইহাকে A দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে হইবে।

(1) জল হইতে ভারী ও জলে দ্রবণীয় নয় একরূপ কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

একটি লম্বা কাচের পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে হাইড্রোমিটার ডুবাই। স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোমিটার জলে ভাসিবে এবং A দাগ জলের বেশ উপরেই থাকিবে [4ঘ (i) চিত্র]। প্রয়োজনমত বাট্‌খারা P পাত্রে রাখ যাহাতে হাইড্রোমিটার A -দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [চিত্র 4ঘ (ii)]। পর, এই ওজন W_1 ; বাট্‌খাড়াগুলি সরাইয়া লও।



নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ঘ.

সুবিধামত পদার্থের একটি খণ্ড লও এবং P পাত্রে রাখ। এখন আবার প্রয়োজনমত বাট্‌খারা P পাত্রে দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [4ঘ (iii) নং চিত্র]। পর, এই ওজন W_2 , বস্তু এবং বাট্‌খারা আবার সরাইয়া লও।

এইবার বস্তুখণ্ডটি C বালতিব উপর রাখ অর্থাৎ বস্তুকে জলে ডুবাইয়া রাখ। এই অবস্থায় P পাত্রে আবার প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা চাপাও যাহাতে

হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়ে যায় [4য় (iv) নং চিত্র] । ধর, এই ওজন W_3 .

সুতরাং, বায়ুতে বস্তুটির ওজন $= W_1 - W_2$

অর্থাৎ নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন $= W_1 - W_3$

অতএব, সম-আয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2) - (W_1 - W_3)$
 $= W_3 - W_2$

∴ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2}$

[দ্রষ্টব্য : যদি কঠিন পদার্থটি জল অপেক্ষা হালকা হয় তবে উপবোক্ত পদ্ধতিতেই উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব বাতিব করা যাইবে। তবে, বস্তুটিকে যখন C-পাত্রে রাখা হইবে তখন সূত্র দিয়া বালিয়া দিতে হইবে নতুনা বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে।]

(2) তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

প্রথমে একটি তুল্য সাহায্যে হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় করা। ধর, এই ওজন W । অতঃপর হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাইয়া P পাত্রে প্রয়োজনীয় বাতখাবা দাও বাহাতে হাইড্রোমিটার জলে A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায়। ধর, এই ওজন W_1 ,

এবার বাতখাবাগুলি সরাইয়া সে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহা হইতে হাইড্রোমিটার ভাসাও। প্রয়োজনীয় বাতখাবা P পাত্রে রাখ যেন হাইড্রোমিটার ঐ তরলে A দাগ পর্যন্ত ডোবে। মনে কর, এই ওজন W_2 .

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

$$W + W_1 = \text{অপসারিত জলের ওজন}$$

$$\text{এবং } W + W_2 = \text{অপসারিত তরলের ওজন}$$

ইহাদেব আয়তন সমান। কারণ উভয়ক্ষেত্রেই হাইড্রোমিটারকে A দাগ পর্যন্ত ডুবানো হইয়াছে। সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W + W_2}{W + W_1}$

দ্বিতীয় পদ্ধতি (তুল্য ব্যতিরেকে) :

এমন একটি কঠিন পদার্থ লও বাত। জলে বা পানীয়তরলে ডুবাইয়া নয় এবং জল বা উক্ত তরল অপেক্ষা ভারী। এইবার বস্তুটি P পাত্রে রাখিয়া

হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাও এবং P পাত্রে প্রয়োজনমত বাট্‌খারা রাখ
বাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডুবিয়া যায়। ধর, বাট্‌খারার ওজন W_1 :
এখন, যন্ত্রটিকে C বালতিতে রাখ এবং P পাত্রে পুনরায় প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা
দাও বাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডোবে। এই বাট্‌খারার ওজন যদি
 W_2 হয়, তবে $W_2 - W_1 =$ যন্ত্রটির ওজন হ্রাস। *

= যন্ত্রটির সম-আয়তন জলের ওজন।

উপবোক্ত প্রক্রিয়া পৰীক্ষাধীন তরলে সম্পাদিত করিলে যদি বাট্‌খারার
ওজন যথাক্রমে W_3 এবং W_4 হয়, তবে $W_4 - W_3 =$ তরলে যন্ত্রটির
ওজন হ্রাস = যন্ত্রটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

$$\therefore \text{তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1}$$

উদাহরণ :

(1) একটি হাইড্রোমিটারকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জলে ডুবাইতে 60 gms.
লাগে। একথাও তামা হাইড্রোমিটারের উপরের পাত্রে রাখিলে 42 gms.
লাগে এবং তামার থণ্ডটি মীচের পাত্রে রাখিলে 44 gms. লাগে। তামার
আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A hydrometer requires 60 gms. to sink up to a mark in
water. If a piece of copper is placed on the upper pan, it
requires 42 gms. and when the piece is placed in the lower
pan, it requires 44 gms. Find the sp. gravity of copper.]

$$\text{উ।} \quad \text{এতলে তামাথণ্ডটির দাবুতে ওজন} = 60 - 42 \\ = 18 \text{ gms.}$$

$$\text{এবং জলের ওজন} = 60 - 44 \\ = 16 \text{ gms}$$

$$\text{তু হ্রাস, সম-আয়তন জলের ওজন} = 18 - 16 = 2 \text{ gms}$$

$$\therefore \text{তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{18}{2} = 9$$

(2) একটি হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60.3 gms.
ওজন লাগে কিন্তু অ্যালকোহলের মধ্যে ঐ নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে লাগে
6.8 gms। যদি হাইড্রোমিটারটির ওজন 200 gms হয় তবে অ্যাল-
কোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A hydrometer requires 60.3 gms to sink upto a mark
in water and 6.8 gms to sink upto the mark in alcohol. If

the hydrometer weighs 200 gms, calculate the sp. gravity of alcohol.]

$$\begin{aligned} \text{উ।} \quad \text{এস্কে হাইড্রোমিটার কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন} &= 200 + 60.3 \\ &= 260.3 \text{ gms.} \end{aligned}$$

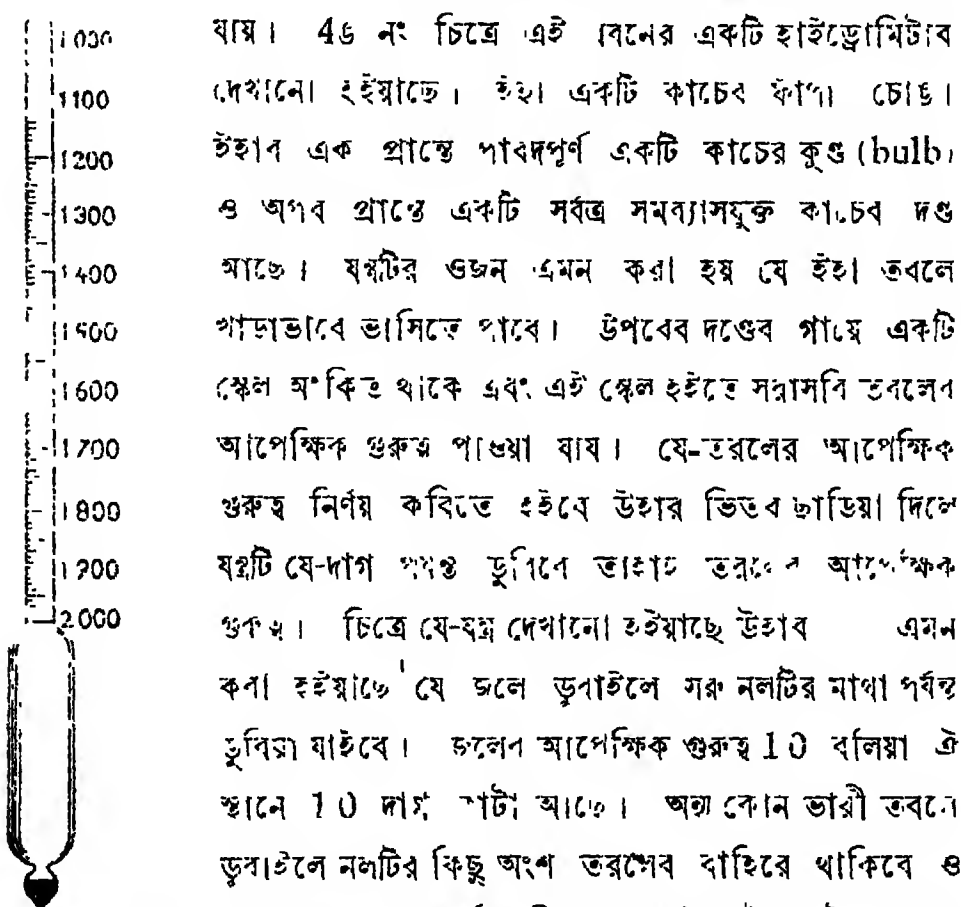
$$\begin{aligned} \text{এং অপসারিত অ্যালকোহলের ওজন} &= 200 + 6.8 \\ &= 206.8 \text{ gms} \end{aligned}$$

ইহাদের আয়তন এক হওয়ায়, অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{206.8}{260.3} = 0.794$$

4-7. সাধারণ হাইড্রোমিটার (Common hydrometer):

৬.৩ হাইড্রোমিটার দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।



সাধারণ হাইড্রোমিটার

চিত্র ৬.৩

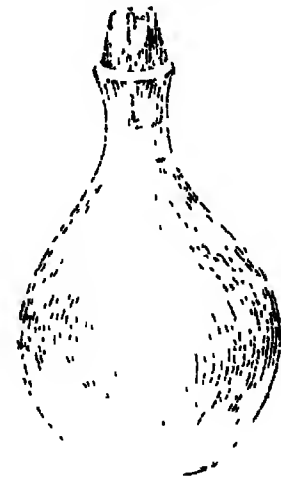
৬.৩ হাইড্রোমিটার দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্র সর্বাপেক্ষা ঘন যে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিতে পারিবে তাহা ২.০-এর সমান। কারণ ঐ তরলে ডুবাইলে নলটির শেষ দাগ পর্যন্ত ডুবিবে। আবার, জল অপেক্ষা লঘু

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব এই যন্ত্র দিয়া মাপা যাইবে না—যন্ত্রের ওজন আলাদা করিতে হইবে। এইজন্য একটি নির্দিষ্ট সাধারণ হাইড্রোমিটার দ্বারা লবু ও ভারী সবরকম তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

তুখে জল মিশানো থাকিলে তাহা এই যন্ত্র দ্বারা সহজেই বোঝা যায়। কাবণ, জলমিশানো তুখে আপেক্ষিক গুরুত্ব খাঁটি তুখের চাইক্রে কম। সুতরাং জল-মিশানো তুখে যন্ত্রটি বেশী ডুবিয়া যাইবে। খাঁটি তুখের আপেক্ষিক গুরুত্ব (1.03) জানা থাকিলে তুখে জল মিশানো আছে কি-না তাহা সহজেই ধরা পড়িবে। এই উদ্দেশ্যে বাজারে Lactometer নামে যে-যন্ত্র বিক্রয় হয় তাহা এই প্রকার সাধারণ হাইড্রোমিটার। ইহা ছাড়া, অ্যালকোহল, অ্যাসিড প্রভৃতি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার জন্যে এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

4-8. আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp gravity by sp. gravity bottle):

বোতলের বিবরণ: ৪৮ নং চিত্রে একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দেখানো হইল। ইহা একটি ছোট বোতল। বোতল এবং উহার মুখ ধরা কাচের চিপ দ্বারা শক্তভাবে আটকানো যায়। চিপের ভিতর দিয়া একটি সূচ লম্বালম্বি চিহ্ন আছে। বোতলটি কোন তরলে ভর্তি করিয়া পরে চিপ আটকা দিলে অতিরিক্ত তরল এই চিহ্ন দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। এত বোতলদ্বারা গুঁড়া পদার্থ বা ছোট ছোট কণা মণ্ডলিত কঠিন পদার্থ, যেমন, -বালি, চিনি প্রভৃতি ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা সুবিধাজনক।



আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল
চিত্র ৪৮

(1) জলে দ্রবণীয় নয় এমন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়:

খালি বোতলটি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া শুকাইয়া লও এবং ওজন নির্ণয় কর। এখন যে-পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহা বোতলটি বোতলে ভরিয়া ওজন কর। পরে বোতলটির বাকী অংশ জলভর্তি করিয়া ওজন কর।

এইবার বোতলের ভিতরকার জল, শুঁড়া প্রভৃতি ফেলিয়া দিয়া পুনরায় বোতলটি পরিষ্কার ও শুষ্ক কর। বোতলটি পরিপূর্ণ জলে ভর্তি করিয়া ওজন কর। ধরা যাউক,

$$\text{খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{বস্তু})\text{-এর ওজন} = W_2$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুর ওজন} = W_2 - W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{বস্তু} + \text{জল})\text{-এর ওজন} = W_3$$

অতএব, বোতলের ভিতরে বস্তুর আয়তন ছাড়া বাকী যে আয়তনের জল থাকে তাহার ওজন $= W_3 - W_2$

$$(\text{বোতল} + \text{পূর্ণজল})\text{-এর ওজন} = W_4$$

$$\text{বোতলের ভিতরেই আয়তনের সম-আয়তন জলের ওজন} = W_4 - W_1$$

$$\therefore \text{বস্তুর সম-আয়তন জলের ওজন} = (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$

$$\therefore \text{কাজেই এই পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

(২) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

একটি পরিষ্কার বোতল গঠিয়া খালি অবস্থায় ওজন কর। পরে বোতলটি জলপূর্ণ করিয়া ওজন কর। এখন জল ফেলিয়া দিয়া বোতলটি শুষ্ক করিয়া নির্দিষ্ট তরল দ্বারা ভর্তি কর এবং ওজন কর।

$$\text{এর, খালি বোতলের ওজন} = W_1$$

$$(\text{বোতল} + \text{জল})\text{-এর ওজন} = W_2$$

$$(\text{বোতল} + \text{তরল})\text{-এর ওজন} = W_3$$

সুতরাং, বোতলের অভ্যন্তরের আয়তনের সম-আয়তন

$$\text{তরলের ওজন} = W_3 - W_1$$

$$\text{এবং এই আয়তনের জলের ওজন} = W_2 - W_1$$

$$\text{সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$$

উদাহরণ :

(১) একটি খালি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 15 gms. কিন্তু জলভর্তি অবস্থায় ওজন 40 gms.। বোতলটি কোন তরল দ্বারা পূর্ণ করিয়া

ওজন করা হইল এবং তাহা 44 gms হইল। তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[An empty specific gravity bottle weighs 15 gms. ; when filled with water it weighs 40 gms., but when filled with a liquid it weighs 44 gms. Calculate the specific gravity of the liquid.]

উ। এহলে খালি বোতলের ওজন = 15 gms.

(বোতল + জল) = 40 gms.

অতঃ, বোতলের অভ্যন্তরীণ আয়তনের সম-আয়তন জলের ওজন

$$= 40 - 15 = 25 \text{ gms.}$$

(বোতল + তরল) এর ওজন = 44 gms.

অতঃ, সম-আয়তন তরলের ওজন = 44 - 15 = 29 gms.

অতঃ, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব = $\frac{29}{25} = 1.16$.

(2) জলপূর্ণ একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 45 gms., উহা যথাক্রমে পারদ ও তুঁতে গোলা জল দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি করিলে ওজন হয় 297 gms এবং 49 gms, পারদের ঘনত্ব 13.6 gms/c.c. হইলে তুঁতে গোলা জলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gms., 297 gms, and 49 gms. Calculate the density of the copper sulphate solution, that of mercury being 13.6 gms/c.c.] [H. S. Exam, 1900]

উ। ধ্য, খালি বোতলের ওজন = W gms.

এবং বোতলের অভ্যন্তরীণ আয়তন = V c.c.

কাজে, প্রথম ক্ষেত্রে $W + V.1 = 45$ [জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $W + V.13.6 = 297$

.. তৃতীয় ক্ষেত্রে $W + V.\rho = 49$ [তুঁতে গোলা জলের ঘনত্ব = ρ gms/c.c.]

দ্বিতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$12.6 \times V = 252$$

$$\therefore V = \frac{252}{12.6} = 20 \text{ c.c.}$$

তৃতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$V(\rho - 1) = 4$$

$$\therefore \rho - 1 = \frac{4}{V} = \frac{4}{20}$$

$$\therefore \rho = \frac{4}{20} + 1 = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ gms/c.c.}$$

(3) 1.84 আপেক্ষিক গুরুত্বের 10 c.c. অ্যাসিডের সহিত 6 c.c. দল মিশানো হইল। ইহাতে মিশ্রণের আয়তন 0.9 c.c. কমিয়া গেল। মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A mixture is made of 10 c.c. of an acid of sp. gr 1.84 and 6 c.c. of water. The contraction of volume due to mixing is found to be 0.9 c.c. Find the sp. gravity of the mixture.]

উ। অ্যাসিডের ভর = অঃ গুরুত্ব \times আয়তন = $1.84 \times 10 = 18.4 \text{ gms.}$

জলের „ = „ \times „ = $1 \times 6 = 6 \text{ gms.}$

মিশ্রণের মোট ভর = $18.4 + 6 = 24.4 \text{ gms.}$

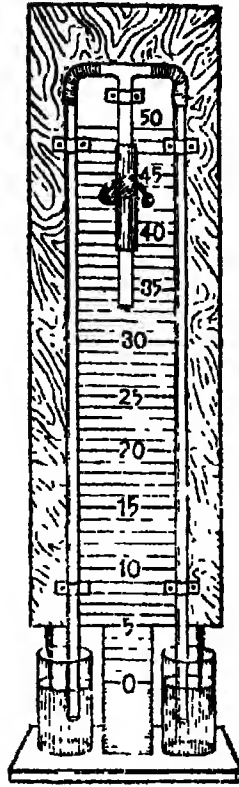
„ „ আয়তন = $(10 + 6) - .9 = 15.1 \text{ c.c.}$

\therefore মিশ্রণের অঃ গুরুত্ব = $\frac{24.4}{15.1} = 1.61$ (প্রায়)

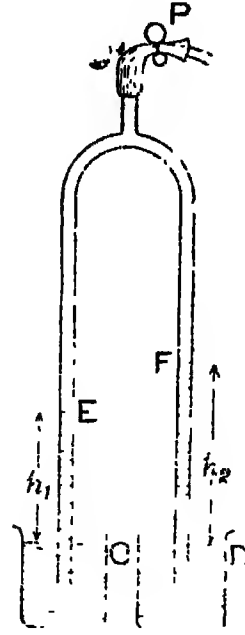
4-9. হেরার যন্ত্র (Hare's apparatus) :

বিবরণ : 4ছ নং চিত্রে এণ্ড হেরার যন্ত্র এবং 4জ নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইয়াছে। একটা U-অঙ্কুরের মত বাকানো দুমুখ খোলা বাঁচের নল একটি কাঁঠের ক্রেমের সঙ্গে খাড়াভাবে আটকানো আছে। নলের দুই খোলামুখ দুইটি পাত্রের ভিতর ঢুকানো। পাত্র দুইটি দুই রকম তরলদ্বারা পূর্ণ। নলটির উপরে একটি ছোট কাচ-নল একটি রবার নলের

সহিত সংযুক্ত। একটি ক্লীপ, P দ্বারা এই রবার নলের মুখ আটকানো



দেখান যন্ত্র
চিত্র 4c



দেখান যন্ত্রের নকশা
চিত্র 4d

বা গোলা বায়। নলের দুই পাড়ানোব পাশে একটি স্কেল কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে আটকানো থাকে (4c নং চিত্রে দেখানো স্য নাট)।

দুইটি তবল, বাতাবা পরস্পর মিশ্রিত হয়, যেমন—তুঁতের দ্রবণ (copper sulphate solution) ও জল—তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা বা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় এই যন্ত্রদ্বারা সম্ভব।

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

U-নলের একটি খোলা মুখ বাদিকেব জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং অপর মুখ ডানদিকের পরীক্ষার্থীন তবলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও। এখন P-ক্লীপ খুলিয়া রবার নলে মুখ লাগাইয়া ধীরে ধীরে টান দিলে E এবং F নল হইতে খানিকটা বাতাস বাহির হইয়া যাইবে। ফলে E এবং F নল বাহিয়া জল ও তরল পদার্থ উপরে উঠিবে। জল হইতে তরল পদার্থটি হালকা হইলে তরল পদার্থের উচ্চতা জল

অপেক্ষা বেশী হইবে। এবার ক্লীপ্ আঁটিয়া দিলে উহারা নিজ নিজ স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে।

ধরা যাউক, E এবং F পর্যন্ত যথাক্রমে জল ও তরল পদার্থ উঠিল। C এবং D, জল এবং পাত্রের অভ্যন্তরস্থ তরলের তল। ধর, CE উচ্চতা h_1 cm. এবং DF উচ্চতা h_2 cm., জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মনে কর। যাউক s_1 এবং ডান দিকেব পাত্রের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব s_2 .

যদি পাত্রদ্বয়ের তবলের উপরেব পৃষ্ঠে বায়ু-মণ্ডলের চাপ P ধরা যায়, এবং নলের ভিতর তবলের পৃষ্ঠে E এবং F তলে বায়ুর চাপ p ধরা হয়, (নলের ভিতরে সর্বত্র বায়ু-চাপ সমান হইবে) তবে যেহেতু h_1 এবং h_2 তরল-স্তম্ভ স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে, অতএব,

$$P = p + h_1 s_1 g$$

$$\text{এবং } P = p + h_2 s_2 g$$

$$\therefore \frac{s_2}{s_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

যেহেতু জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1, কাজেই $s_1 = 1$, অতএব

$$s_2 = \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{জলস্তম্ভের উচ্চতা}}{\text{তরলস্তম্ভের উচ্চতা}}$$

E এবং F নলের গায়ে লাগানো খেল হইতে জল ও তরলস্তম্ভের উচ্চতা সহজেই নির্ণয় করা যায়। কাজেই তবলের আপেক্ষিক গুরুত্ব তাহা হইতে নির্ধারণ করা যাইবে।

যদি C পাত্রে জল না লইয়া অন্য তরল পদার্থ লওয়া যায় তবে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে তরলদ্বয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা যাইতে পারে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে তালের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপবোধ সমীকরণে নল দুইটিব প্রয়োজ্যেব কোন উল্লেখ নাই। বস্তুর চাপ প্রয়োজ্যেব দ্বারা নির্ণীত হইবে না। অতএব নল দুইটিব প্রয়োজ্যেব কম বা বেশী—অর্থাৎ নল দুইটি সরু বা মোটা হইতে পারে অথবা উহাদের প্রয়োজ্যেব অসমানও হইতে পারে। তবে প্রয়োজ্যেব খুব সরু হইলে কৈশিক টান (surface tension) ক্রিয়া করিবে এবং সেক্ষেত্রে উপবোধ সমীকরণ প্রযোজ্য হইবে নাহু। সাধারণত একটু মোটা এবং প্রায় সমান প্রয়োজ্যেব দুইটি নল লওয়া হয়।

কয়েকটি সাধারণ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের তালিকা

পদার্থ (কঠিন)	আঃ গুঃ	পদার্থ (তরল)	আঃ গুঃ
তামা	8.93	বিশুদ্ধ জল	1
সোনা	19.32	সমুদ্র জল	1.03
রূপা	10.5	পারদ	13.6
লোহা	7.2	গ্লিসারিন	1.26
সীসা	11.4	অ্যালকোহল	0.8
মার্বেল	2.6	কেবোসিন	0.8
কাচ	2.5	তুপ	1.03
বরফ	0.917	তাপমিত্র তেল	87
কটকিবি	1.70		

4-10. গ্যাসের ঘনত্ব (Density of gas) :

0°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm পারদের চাপে নিটাব অর্থাৎ 1000 c.c. গ্যাসের ওজনকে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব বলা হয়। তাপমাত্রা বা ঘনত্ব নির্ণয়ে উল্লিখিত নিদিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ প্রয়োজন।

কোন গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করতে হইলে একটি প্রায় 500 c.c. আয়তনের কাচের গোলক লও। গোলকের গলায় একটি পাঁচকল আটকাও বাহ্যিক সাহায্যে একটি বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রকে (exhaust pump) গোলকের সহিত যুক্ত করা হইতে পাবে। বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের সাহায্যে গোলক বায়ুশূন্য করিয়া পাঁচকল আটকাও এবং যন্ত্রটি খুলিয়া লও। এইবার বায়ুশূন্য গোলকটির ওজন লও। ধব, এই ওজন W_1 gms.। অতঃপর গোলকটি পরীক্ষাধীন গ্যাসদ্বারা পূর্ণ করিয়া ওজন লও। ধব, এই ওজন W_2 gms.। স্বতরাং গোলকের ভিতরস্থ গ্যাসের ওজন $= W_2 - W_1 = W$ (ধর) gms.।

যদি গোলকের আয়তন V c.c. হয় তবে ঐ সময়ের তাপমাত্রায় ও বায়ুচাপে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব $D = \frac{W}{V}$

সারাংশ

আপেক্ষিক গুরুত্ব :

জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন দ্রব্য কতটা ভারী তাহাই সেই দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}} \quad \text{১.}$$

আপেক্ষিক গুরুত্ব শুধু একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান একই। কিন্তু এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্ব = $62.5 \times$ আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি :

(1) উদ্ভাসিতিক তুলা দ্বারা, (2) ভাসন পদ্ধতি দ্বারা, (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা, (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা এবং (5) হেয়ার যন্ত্র দ্বারা।

প্রশ্নাবলী

1. 'আপেক্ষিক গুরুত্ব' কহিলে বোঝে বুঝাইয়া দাও। কতখানক, 'সি. জি. এস্' পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের মান সমান।

[Explain what you mean by 'specific gravity'. Prove that in C. G. S. system, specific gravity and density are numerically equal]

[H. S. (Comp.) 1960]

2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের পার্থক্য কি ?

[What is the difference between specific gravity and density ?]

[H. S. (Comp), 1960]

3. জল অপেক্ষা হালকা কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you determine the specific gravity of a substance lighter than water ?]

[H. S. (Comp), 1962]

4. সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19.8 হইলে সি. জি. এস্ এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব কত ?

[If the sp. gravity of gold be 19.8, what will be its density in the C. G. S. and F. P. S. systems ?]

[H. S. (Comp), 1962]

[Ans. 19.8 gms/c.c. ; 19.8×62.5 lbs/c. ft.]

5. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 120 gms, কিন্তু জলে ওজন 90 gms এবং কোন তরলে ওজন 78 gms ; তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A substance weighs 120 gms in air, 90 gms in water and 78 gms in a certain liquid. What is the specific gravity of the liquid ?]

[Ans. 1.4]

6. একখণ্ড কাঠের বায়ুতে ওজন 74 gms ; একখণ্ড সীসা (যাহার জলে ওজন 82 gms) কাঠটির সহিত আটকানো হইল। উত্তরে মিলিয়া জলে ওজন হইল 18.5 gms ; কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece wood weighs 74 gms in air. A piece of lead which weighs 82 gms in water is tied with the piece of wood and they together weigh 18.5 gms in water. What is the specific gravity of wood ?] [Ans. 0.8]

7. 8 ইঞ্চি দীর্ঘ একটি চৌকাকৃতি পেনসিল ঝড়ো অবস্থায় জলে ভাসিতে থাকিলে 8 ইঞ্চি জলেব কাছবে থাকে। 0.8 আপেক্ষিক গুরুত্ব সম্পন্ন কোন তরলে ভানাইলে পেনসিলটিব উপস্থিত কতটা ই তরলেব কাছবে থাকবে ?

[A cylindrical pencil, 8 inches long, floats vertically in water with 8 inches of it above the water. How much of it will project out of a liquid of specific gravity of 0.8 ?] [H. S. (comp), 1963] [Ans. 6.25 inches]

8. একটি আয়তাকার কাঠের ব্লকব চুকব জলে ভাসমান আছে। জলেব উপর কেবাসিন তেল ঢালা হইলে লাপিল যতক্ষণ না টুকবটির অর্ধা কেবাসিনে ঠিক ডুবিয়া পেল। এই তেল মিশ্রণেব জলেব অর্ধা ব্লকব মোট উচ্চতা ১১ অংশ জলে ডুবিয়া আছে। কেবাসিনেব আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.82 হইলে ব্লকব আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A rectangular block of wood floats in water. Kerosene oil is poured on water until the block is just under kerosene oil. In the mixture, the block is found to float with $\frac{1}{3}$ th of its height immersed in water. If the specific gravity of kerosene oil be 0.81, find the specific gravity of wood.] [Ans 0.85]

9. 'যদি দু'টি তরল সমান আয়তনে মিশ্রিত করা হয় তখন ই মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় ১, কিন্তু যখন ৩ ভাগ তরল ১ ভাগ তরল মিশ্রিত করা হয় তখন মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় ১.২৫; তখন দু'টি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[When equal volumes of two liquids are mixed together, the specific gravity of the mixture is 1. But when equal weights of the two liquids are mixed together the sp. gravity of the mixture is 0. Find the sp. gravities of the liquids.] [Ans 0 and 2]

10. একটি জলপূর্ণ কাচের বোতলের ওজন 75 gms, যদি ইয়া বোতল কবিলে উত্তর ভেজন হয় 705 gms, এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বোতল কবিলে ওজন হয় 117 gms, পরিমাপক 19.6 gm/cc হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A glass bottle weighs 75 gms when full of water, 705 gms when full of mercury and 117 gms when full of sulphuric acid. Density of mercury being 19.6 gm/cc, calculate the specific gravity of the acid] [Ans 1.84]

11. একখণ্ড ককের বায়ুতে ওজন 19 gms ; কবটির একটি রূপার খণ্ডের সহিত আটকিয়া ওজন কবিলে উত্তর ওজন হয় 68 gms ; এবং উহারা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। রূপার আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে ককের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of cork weighs 19 gms in air. When it is tied to a piece of silver, they weigh 68 gms and they float in water just immersed. Specific gravity of silver being 10.5, what is the specific gravity of cork ?] [Ans. 0.83]

12. কোন বস্তু বায়ুতে ওজন 800 gms; 0.9 আপেক্ষিক গুরুত্বের একটি তরলে উহার ওজন 270 gms; তলে উহার ওজন কত হইবে?

[A substance weighs 800 gms in air and 270 gms in a liquid of specific gravity 0.9. How much would it weigh in water?] [Ans. 266.6 gms]

13. একটি বাঁকানো নল টেনিলের উপর খাড়া কবিতা বসানো আছে। নলের এক বাহুতে পারাফিন তেল এবং অপর বাহুতে জল আছে। পারাফিন স্তম্ভের শীর্ষ এবং তল টে ব্লক হইতে যথাক্রমে 18.4 এবং 6.4 inches উঁচু হইলে এবং জলস্তম্ভের শীর্ষ 16.6 inches উঁচু হইলে পারাফিন তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other, is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin column from the table are respectively 18.4 and 6.4 inches and the top of the water column is 16.6 inches from the table, calculate the sp. gravity of paraffin oil.]

[H S (Comp) 1961] [Ans. 0.85]

14. কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.8, সমশাসযুক্ত খাড়া একটি U-নলের 10 cm. দীর্ঘ কেরোসিন তেলের স্তম্ভ আছে। নলে জল ঢালা হইল। জলস্তম্ভের মোট উচ্চতা যদি 10 cm. হয় তবে দুই তরলের দরমিচ তেলের উচ্চতাব পার্থক্য কত হইবে?

[Kerosene has a specific gravity of 0.8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10 cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If total length of the water column is also 10 cm. what will be the difference in height between the top levels of the two liquids?] [H S (Comp) 1961] [Ans. 2.5 cm]

15. একটি U-নল কিছু পানির ঢালা হইলে তাহাতে নলটি দুই ভাগে বিভক্ত হইবে। তাৎপরে এক বাহু দিয়া কোন পদার্থ দ্রবীভূত (অঃ গঃ = 1.015) হইলে তাহাতে দুই বাহুর পানির স্তম্ভের পার্থক্য হইল 1.5 cm; তদানন্তর তাহা নির্ণয় কর। পানির অঃ গঃ = 1.000

[The bend of a U-tube is filled with mercury. Enough glycerine (sp. gr. = 1.26) is poured into one limb to create a difference of 1.5 cm. in the levels of mercury in the two limbs. Find the height of the column of glycerine, given the sp. gravity of mercury = 13.6] [Ans. 1.19 cm.]

16. নিকলসন হাইড্রোমিটারের বিবরণ দাও এবং উহা কীভাবে আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী নির্দেশ করে।

[Describe a Nicholson's hydrometer and explain how you would determine the specific gravity of a cork with it.] [H S (Comp) 1964]

17. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটার 0.5 আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন তরলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবে। কিন্তু জলে এই দাগ পর্যন্ত ডুবাতে 120 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[A Nicholson's hydrometer sinks upto a certain mark in a liquid of specific gravity 0.5 but it requires 120 gms to sink upto that mark in water. Calculate the weight of the hydrometer.] [Ans. 180 gms.]

18. একটি নিচলসন হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60.8 gms ওজন লাগে। অ্য'লকোহলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 6.8 gms অযোজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন 200 gms হইলে অ্য'লকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[In order to sink a Nicholson's hydrometer to the mark in water, it was necessary to add 60.8 gms to the upper pan. When floating in alcohol, only 6.8 gms. were required to sink it upto the mark. If the hydrometer weighs 200 gms, what is the specific gravity of alcohol ?] [Ans. 0.794]

19. গুড়া পদার্থ বা কণিকাবান পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিকপে নির্ণয় করিব ?

[How would you find out the specific gravity of a powder or a granular substance ?]

20. হেরার যন্ত্রের বিন বন্দোব ও উহার কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

[Describe a Hare's apparatus and explain how it works.]

21. একটি হীরা বসানো সোনার আংটির বাত ৭জন 4 gms এবং জল ৭জন 8.72 gms, সোনা ও হীরার আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 19.3 এবং 3.5 আংটিতে হীরার ওজন নির্ণয় কর।

[A gold ring, set with diamond, weighs 4 gms in air and 8.72 gms in water. The specific gravities of gold and diamond are respectively 19.3 and 3.5. Find the weight of diamond in the ring.] [Ans 0.81 gm.]

22. 1 c.c. সোনার সহিত 21 c.c. কাঠ জুড়ান, সেগুলি হইল। সোনা ও কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 11.4 এবং 0.5, সেগুলি জল ডালিয়া আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[1 c.c. lead and 21 c.c. wood, when tied together are allowed to be dropped into water. If the specific gravities of lead and wood are 11.4 and 0.5 respectively, find whether the combination will float or sink.]

[H. S. (Comp) 1963] [Ans float]

23. একটি গহনা সোনা মিশ্রিত হইতে পারে। তা'র উহার ওজন 288.75 gms এবং জল ৭জন 258.75 gms, গহনার উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব 10.5 হইলে সোনা অংশের ওজন নির্ণয় কর।

[An ornament is suspected to be hollow. It weighs 288.75 gms in air and 258.75 gms in water. If the sp. gr. of the material of the ornament be 10.5, calculate the volume of the cavity of the ornament.] [Ans. 2 c.c.]

24. A, B, C তিনটি বিভিন্ন ধাতুর তিনটি টুকরা। বাত ৭জন এবং জল উভয়দে ওজন যথাক্রমে 16, 20 ও 22 gms এবং 14, 18 ও 20 gms; যদি উভয়দে দুইটি বিশুদ্ধ ধাতুর তৈরি হয়। তৃত্যটি উভয়দে শংকর ধাতু হয়, তখন নির্ণয় কর যে কোনটি শংকর ধাতুর তৈরি। উভাতে তৃত্য দুইটি ধাতুর অংশ কত ভাগ ও নির্ণয় কর।

[Three pieces A, B and C of different substances weigh 16, 20 and 22 gms respectively in air and 14, 18 and 20 gms respectively in water. If two of the pieces be pure metals and the third be their alloy, which of the three pieces is alloy? Also calculate the proportion, by weight, of the pure metals in the alloy.] [Ans. B শংকর ধাতু : A = 5½ gms C = 14½ gms]

25. হেরাব যন্ত্রের কোন পদার্থ একটি নলে জল 26.8 cm উঠিয়াছে দেখা গেল।
অপব নলে যে তরল পদার্থ আছে তাহাৰ আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.84 হইলে ঐ নলে তরল পদার্থ
কতটা উঁচুতে উঠিবে?

[In one experiment with Mare's apparatus, water is found to rise 26.8 cms in one arm of the U-tube. If the sp. gravity of the liquid in the other limb be 1.84, find the height to which the liquid will rise.] [*H. S. Exam. 1962*]
[Ans. 20 cms.]

24. 80 cm দীর্ঘ এবং $\frac{1}{8}$ sq. cm প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি কাচের নলটির এক মূণ খোলা এবং এক মূণ বন্ধ। নলটিতে শুধুমাত্র 4 gms এবং উত্তাপ 15°C-তে 10 gms পানি আছে। এবটি তরলে নলটি দৈর্ঘ্যের 2 cm বাইরে রাখা হলে তাপমাত্রা পরিবর্তন তরলটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A glass tube 80 cm. long and $\frac{1}{2}$ sq. cm. in cross-section is closed at one end - its weight is 4 gms, and 10 gms. of mercury are put in it. What will be the sp. gravity of the liquid in which it floats vertically with 2 cm. of its length above the surface ?] [Ans. 1.1]

২৭. একটি পঞ্চ উৎস। জ্যোতির্বিদ্যে ভূগোলিক পরিমাপ। এটি তিন ভাগে বিভক্ত।
 তিনটি আংশিক উৎস z_1 ; z_2 যাঃ উৎসের মধ্যে একটি তিনটি উৎসের মধ্যে $(1-f)$
 অংশ নিম্নোক্ত সমীকরণে ভাগে। প্রমাণ কর। এই উৎসের উৎসের মধ্যে z_1 ; z_2
(১) + (২)

[A body floats in a liquid of specific gravity s_1 with a certain fraction f of its volume immersed. In a liquid of specific gravity s_2 it floats with a fraction $(1 - f)$ of its volume immersed. Show that the specific gravity of the solid is - $\frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2}$]

[Objective Type Questions]

23. निम्नलिखित व्यंजक में अनुलिपि शुद्ध कद :-

- (i) যে-কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়।
- (ii) এম.পি এস. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং ঘনত্বের মান সমান।
- (iii) ঘনত্ব প্রকাশে কোন এককের প্রয়োজন নাই কারণ উহা একটি অনুরূপ মাত্র।
- (iv) যেযাব যন্ত্রের নল দুইটির পক্ষস্থল খুব সূক্ষ্ম হইলেও কোন ব্যতি হয় না।
- (v) ভাসন পদ্ধতিতে দ্রাব, তালুকা, ভানী যে কোন বস্তুনি পার্থক্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা চলে।
- (vi) আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে তাপমাত্রার উল্লেখের কোন প্রয়োজন নাই।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং চাপ-সংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প

[Atmospheric pressure and various air pressure pumps]

5-1. বায়ুমণ্ডলের চাপ (Atmospheric pressure) :

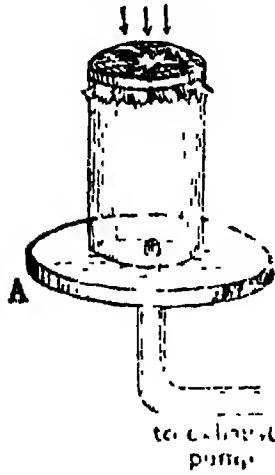
এই পৃথিবী বায়ুমণ্ডল কঙ্ক পৰিবাৰ। এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি বহুবিধ বায়বীয় পদার্থ বিজমান। বায়ু আমবা দেখিতে পাই না, কিন্তু নানা উপায়ে ইহাৰ অস্তিত্ব অতুভব কৰিতে পাৰি। যখন গাছেৰ পাতা নড়ে তখন বৃষ্টি মে বায়ু বহিৰেছে, পাখা চালাইলে শবীৰেৰ উপৰ দিয়া বায়ু প্রবাহিত হওলে বৃষ্টি মে বায়ু থাকে। এইৰূপে আমবা অতুভবিত সাধাৰণ বায়ুৰ অস্তিত্ব টোব পাৰি। পৰিৱাৰিক বেগুন কৰিয়া এই বায়ুমণ্ডল বতৰৰ প্ৰসাৰিত। মত যোমন বসে বিনয়া থাকে, মাতুল, জীৱ-জন্তু ইত্যাদি তেমনি বায়ু সমূহে ভূবিতা খাচে। পৃথিবীৰ বুকে সজ্জাৰ প্ৰাণীৰ জীবনপাণ এই বায়ুমণ্ডলৰ জন্মই সম্ভৱ। কাৰণ নানাপ্ৰকাৰ-প্ৰকাৰেৰ ওচৰ তাহাবা বায়ুমণ্ডলেৰ নিকট পৰি।

এই বায়ুমণ্ডলেৰ ভজন আছে। কাজেই তাহাবাৰ উপৰ বায়ুমণ্ডল চাপ প্ৰদান কৰে। সাধাৰণত বায়ু আৱৰ্ত হাবাৰ হওয়াতে নলে ইহা এই চাপ স্ৰুতি সামান্য। কিন্তু পৃথিবীৰ চতুৰ্দ্দিকে প্ৰায় ২০০ মাইল পন্থ পৰিবাৰ বায়ুমণ্ডলেৰ সমুদ্র বায়বীয় পদাৰ্থেৰ কথা চিন্তা কৰিলে দেখা বাইবে এই চাপ সামান্য নহ। প্ৰকৃতপক্ষে পৃথিবীৰ উপৰে প্ৰতি বৰ্গ ইঞ্চিতে এই চাপেৰ পৰিমাণ প্ৰায় ১৪.৭ পাউণ্ড (প্ৰায় ৭ সেব)। একজন প্ৰাপ্তবয়স্ক মানুষেৰ দেহেৰ ক্ষেত্ৰফল ১৬ বৰ্গফট। সুতৰা মানুষেৰ পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডল বে-চাপ প্ৰদান কৰে তাহাব মোট পৰিমাণ $16 \times 144 \times 14.7$ পাউণ্ড অথবা ৪০৫ মণ। কাজেই বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ নগণা একথা বলা চলে না। তৰে মানুষেৰ শবীৰেৰ ভিতৰেও বায়ু প্ৰবেশ কৰে বলিয়া বাহিৰেৰ এই চাপ ভিতৰেৰ চাপেৰ সমান ও বিপৰীত। কাজেই মানুষ সাধাৰণত এই চাপ অতুভব কৰে না।

তবলেৰ ত্ৰায় বায়ুমণ্ডলও সৰ্বদিকে চাপ প্ৰদান কৰে এবং বায়ুমণ্ডল সংলগ্ন কোন তলেৰ উপৰ লম্বভাবে এই চাপ ক্ৰিয়া কৰে।

৫-২. বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করিবার পরীক্ষা (Experiments to demonstrate the existence of atmospheric pressure):

(১) একটি দুমুখ খোলা শক্ত কাচের চোঙ লইয়া একমুখ পাতলা রবার পাত দিয়া শক্ত করিয়া আটকাও (৫ক নং চিত্র)। কাচের পাত্রটিকে



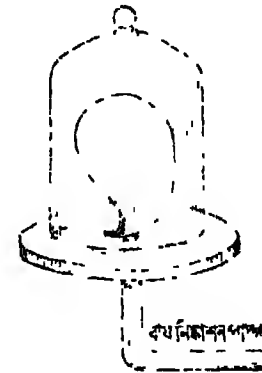
বায়ু নিষ্কাশন চাপের
পরীক্ষা

চিত্র ৫ক

বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রেব (exhaust pump) রেকাবী A-তে বসায়। রেকাবী এবং পাত্রের মুখের মনো ঘাতাতে কোন ফাঁক না থাকে সেজন্য ভেস্‌লীন দিয়া জোড়েব মুখ বায়ুনিকদ্ধ (air-tight) কর। পাত্রের ভিতরস্থ বায়ু এবং বাহিরেব বায়ুর চাপ সমান এবং বিপরীতমুখী বলিয়া রবার পাত সমতল থাকিবে। এখন বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্র চালাইয়া পাত্রের ভিতরেব বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখা যাইবে যে রবার পাতটি

ক্রমশঃ উপরে উঠিবে।
চাপ বাড়িয়া যাইবে।
যাইতেছে। ভিতরেব বায়ু

বেশী বাহির করিয়া লইলে রবার পাতটি ক্রমশঃ নাকিতে নাকিতে সংকে ফাটিয়া যাইবে। অতএব ইহা প্রমাণ হবে যে, বায়ুমণ্ডলেব চাপ আছে।



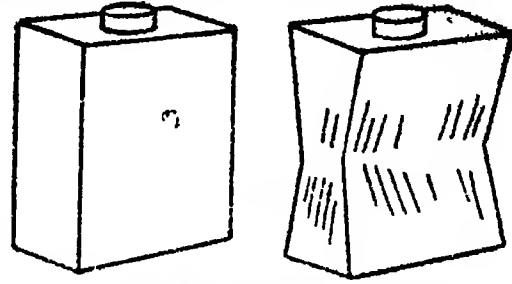
বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্র

(২) একটি পাতলা রবারেব বেলুনের অল্প

পরিমাণ হাওয়া ভর্তি করিয়া বেলুনটির মুখ বন্ধ করা যাবে। বায়ু বন্ধ করি চাপ বাড়িয়া যাইবে। বেলুনটিকে বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্রেব রেকাবীর চিত্র ৫ক (১)

উপর রাখিয়া একটি বড় কাচ-পাত্র দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হইল [৫ক (i) নং চিত্র]। কাচ-পাত্র ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌লীন দিয়া বায়ু-নিকদ্ধ করিতে হইবে। এইরূপ পাম্প চালাইয়া কাচপাত্রের বায়ু বহু বাহির করিয়া লওয়া হইবে তত বেলুনটি আশ্চর্য আশ্চর্য ফুলিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে বেলুনের চতুর্দিকস্থ বায়ু নিষ্কাশিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে বেলুনের বাহিরেব চাপ কমিয়া যায়। কিন্তু বেলুনের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ সাধারণ বায়ুর চাপের সমান থাকায় ইহার আয়তন বৃদ্ধি হয় এবং বেলুনটি ফুলিয়া উঠে।

(3) একটু লম্বা ধরনের ছোট মুখওয়ালা পাতলা টিনের পাত্র [চিত্র 5ক (ii)] লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। জলকে দ্রুত উত্তপ্ত করিয়া ফুটাও। ইহাতে জলীয় বাষ্প পাত্রের ভিতরকার সব বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার পাত্রের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ (air-tight) ভাবে আটকাও এবং পাত্রটি দ্রুত ঠাণ্ডা কর। ইহা করলে পাত্রের ভিতরস্থ জলীয় বাষ্প জমিয়া জল হইবে এবং ভিতরের চাপ



বায়ুমণ্ডলের পাল্পচাপের পৰীক্ষা

চিত্র 5ক (ii)

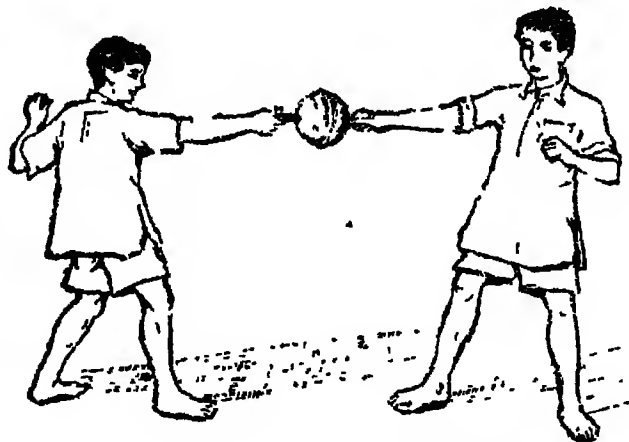
দ্রুত কমিয়া যাইবে। তখন বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে পাত্রটি দেওয়াল 5ক (ii) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐকপ বাকিয়া যাইবে। এই সহজ পৰীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল গাণ্ঠচাপ প্রয়োগ করিতে পারে।

(4) ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা (Magdeburg hemisphere experiment) :

দুইটি ফাঁপা পিত্তলের অর্ধগোলক মুখে মুখে ঠিক জোড়া লাগিয়া একটি পূর্ণ গোলক তৈয়ারী কবে (5খ নং চিত্র)। একটি অর্ধগোলকে চাবিসহ একটি নল আছে। এই নলের সহিত বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্র লাগানো যাঁহাতে



ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক



ম্যাগডেনবার্গ অর্ধগোলক পৰীক্ষা

চিত্র 5খ

পাবে। অপর অর্ধগোলকে একটি হাতল লাগানো আছে। যখন অর্ধগোলক দুইটি একত্র করা হয় এবং ভিতরে বায়ু থাকে তখন উহাদের আলাদা করা

খুব সহজ। কারণ ভিতরে বায়ুর চাপ এবং বাহিরে বায়ুর চাপ সমান ও বিপরীত। কিন্তু অর্ধগোলক দুইটি বায়ুনিরুদ্ধভাবে একত্র করিয়া বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রদ্বারা ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া দিলে উহাদের আলাদা করা খুবই শক্ত! কারণ তখন ভিতরে কোন চাপ থাকে না কিন্তু বাহিরে হইতে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে গোলকেব উপর প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগ করে। জার্মানীর ম্যাগডেবাগ শহরে অটো ভন গেরিক ২ ফুট ব্যাসযুক্ত দুইটি অর্ধগোলকের দ্বারা এই পরীক্ষা করিয়াছিলেন। গোলকটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া নিলে বায়ুমণ্ডল এত চাপ প্রয়োগ করিয়াছিল যে উভয় দিকে ৬টি ঘোড়া লাগাইয়া উহাদের আলাদা করা সম্ভব হয় নাই। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে চাপ প্রদান করে।

কতগুলি স্থিতি পবিচিত ঘটনার সাহায্যেও বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়। আমরা যখন শ্বাস গ্রহণ করি তখন বুকের মাংসপেশী

পাজরাব হাড়কে বাহিরের দিকে

দেয়। তাহাতে বক্ষগহ্বরের

আয়তন বাড়ে এবং ফসফসের চাপ

কমিয়া যায়। তখন বায়ুমণ্ডলের চাপের

ফলে বায়ু ফসফসে প্রবেশ করে।

স্বয়ংক্রিয় ফাউন্টেন পেনে কালি

ভবিবাব প্রণালীও বায়ুমণ্ডলের চাপের

উপর নির্ভবশীল।

(৫) টরিসেলির পরীক্ষা

(Torricelli's experiment):

টরিসেলির পরীক্ষাদ্বারা শুধু যে

বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়

তাহা নহে—ইহাব পরিমাপও সম্ভব।

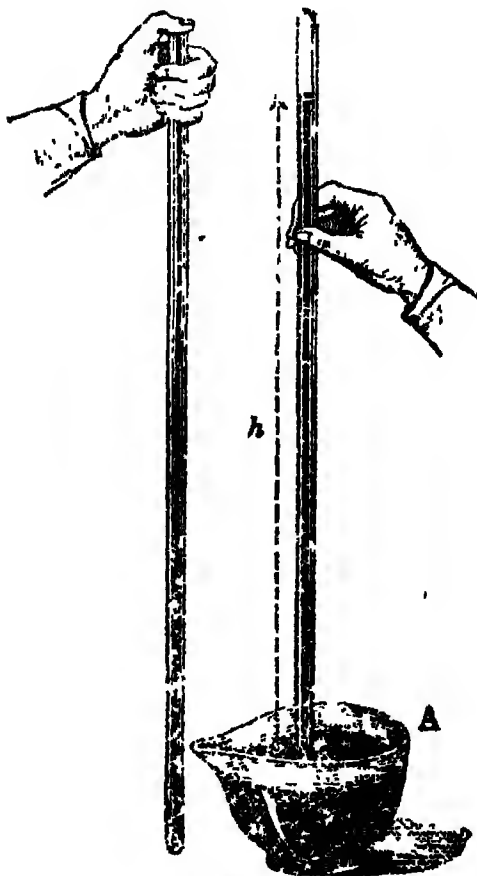
প্রায় এক মিটার লম্বা, একমুখ খোলা

এবং সর্বত্র সমান ব্যাসযুক্ত মোটা

কাচনল লইয়া উহা পারদপূর্ণ কর।

অতঃপর খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া

আটকাইয়া সাবধানে নলটিকে উল্টাইয়া পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে (A)



টরিসেলির পরীক্ষা

চিত্র 5গ

নলের খোলা মুখ ঢুকাইয়া দাও এবং আঙ্গুল সরাইয়া লও। নলটিকে খাড়া করিয়া রাখার ব্যবস্থা কর। দেখিবে নলের পারদ কিছুদূর নামিয়া আসিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইবে (5গ নং চিত্র)।

আপাতদৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের ভিতরের পারদস্তম্ভ আপনা-আপনিই দাঁড়াইয়া আছে; কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে তাহা নহে। বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন এরূপ হইতেছে। A পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডল সর্বদা চাপ দিতেছে। পাঙ্কালেব সূত্রানুযায়ী পাবদ এই চাপ নলের ভিতরকার পারদে সঞ্চালিত করিতেছে। এই উপর্যুপরি সঞ্চালিত চাপ নলের ভিতরের পাবদ-স্তম্ভের ওজনকে সমান হওয়ায় পাবদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া আছে। সুতরাং বায়ুমণ্ডলের চাপ—প্রতি একক ক্ষেত্রফলে পারদস্তম্ভের ওজন।

যদি বিভিন্ন ব্যাসের কাচের নলিয়া উপরোক্ত পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক নলেই পাবদস্তম্ভের উচ্চতা সমান অর্থাৎ নলের ব্যাসের হীন-বৃদ্ধিতে বায়ু-চাপের কোন তাৎপর্য্য হয় না।

সামান্যত নলের ভিতর পারদস্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সে. মি.। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সে. মি. উচ্চ পাবদস্তম্ভকে দাঁড়িয়া রাখিতে পারে। পাবদ জল হইতে 13'6 গুণ ভারী বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপ 76×13.6 সে. মি. অর্থাৎ প্রায় 34 ফুট উচ্চ জলস্তম্ভকে দাঁড়িয়া রাখিতে পারিবে।

টবিসেলির এই পরীক্ষার প্রসঙ্গত একজন দর্শন-প্রত্যাশিত ঘটনা আছে। টবিসেলির পূর্বের বায়ুমণ্ডলের চাপের কোনকটি ঘটনার কথা তখনকার লোকেরা জানিত। কিন্তু ঘটনাগুলি যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ত হইতেছে তাহা জানা ছিল না। যেমন, লোকেরা জানিত যে পিচকাবা বা সিবিলেজ মত যন্ত্র দিয়া জল টানিয়া তোলা যায়। তাহা হইলে লোকেরা স্বকল্প বলিত যে প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না। সিবিলেজ পিস্টন টানিলে যে শূন্যস্থান তৈরী হয় প্রকৃতি তাহা পছন্দ করে না বলিয়াই জল টানে। পিস্টনে পিছনে উঠিয়া যায়। এই সময় অর্থাৎ 1642 খ্রীষ্টাব্দে ইটালীর অপ্রতীক টুস্কানীর ডিউক তাঁহার বাগানে দল দিবার জন্ত কতকগুলি কূপ খনন করান এবং কূপ হইতে জল তুলিবার জন্ত পাম্প বসান। কূপগুলি প্রায় 50 ft. গভীর ছিল। দেখা গেল যে পাম্প 80 ft. পর্যন্ত জল তুলিতেছে—তাঁহার পাম্প তুলিতে পারিতেছে না। কিন্তু প্রকৃতি ত শূন্যস্থান পছন্দ করে না। তবে জল আর উঠিল না কেন? সেই সময় গ্যালিলিওব প্রত্যাশিত হিসাবে গুণ খ্যাতি। টুস্কানীর ডিউক তখন গ্যালিলিওকে ডাকিয়া এই সমস্যা সমাধান করিবার জন্ত অনুরোধ করিলেন। গ্যালিলিওর মনে মনে একটা ধারণা ছিল যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্তই এরূপ হইতেছে—পাম্পে কোন গুণগোল নাই। প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না—ইহাও কোন কাজের কথা নয়। সম্ভবতঃ তিনি তাঁহার মনের কথা তাঁহার প্রিয় শিষ্য টবিসেলিকে বলিয়াছিলেন। কিন্তু তাঁহার ধারণা

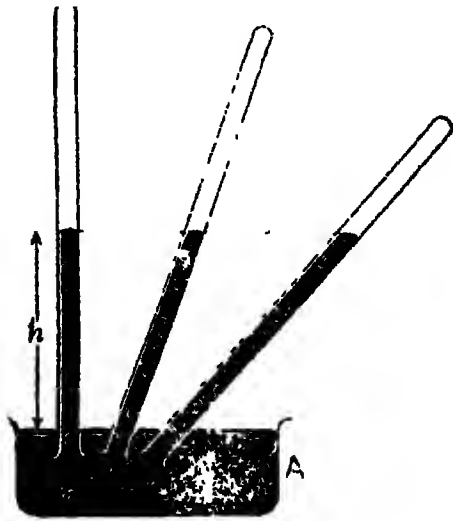
সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবার পূর্বেই তাঁহার মৃত্যু ঘটে। তখন টরিসেলি তাঁহার জীবন কথা স্মরণ করিয়া ভাবিলেন যে এই ঘটনা যদি বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্ত হয় এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি জলকে 80 ft. উচ্চে তোলে তবে পারদকে তুলিবে 27 inches কারণ পারদ জল অপেক্ষা প্রায় 18.6 গুণ ভারী। তখন তিনি তাঁহার বিখ্যাত পরীক্ষা—যাহা টরিসেলি পরীক্ষা বলিয়া খ্যাত—সম্পন্ন করিলেন।

টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :

পূর্ববর্ণিত টরিসেলি পরীক্ষা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত বিষয় কয়টি খুবই উল্লেখযোগ্য।

(i) কাচনলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহার উপরে নলের বন্ধপ্রান্ত পর্যন্ত স্থান সম্পূর্ণ শূন্য। এই শূন্যস্থানকে টরিসেলির শূন্যস্থান (Torricellian vacuum) বলে। প্রকৃতপক্ষে, এই স্থানকে সম্পূর্ণ শূন্য বলিলে ভুল বলা হইবে—কারণ খুব সামান্য পারদ-বাষ্প এই স্থান অধিকার করিয়া থাকে।

(ii) কাচনলের গোলামুখ A-পাত্রেব পারদে ডুবাইয়া রাখিয়া যদি নলটিকে ধীরে ধীরে কাত করা যায়, তবে পারদস্তম্ভ ক্রমশ বন্ধপ্রান্তের দিকে অগ্রসর হইবে কিন্তু সবদা পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতা (vertical height) সমান থাকিবে [চিত্র 5গ (1)], কারণ এই খাড়া উচ্চতাই বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিমাপ করে।



চিত্র 5গ (1)

(iii) যদি কোন আবদ্ধস্থানে টরিসেলির পরীক্ষা করা যায় এবং আবদ্ধ স্থান হইতে বায়ু ক্রমশ বায়ু-নির্দাশক যন্ত্রের সাহায্যে বাহির করিয়

লওয়া হয়, তবে দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমশ কমিতেছে, আবার আশে-আশে বায়ু প্রবেশ করাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা বাড়িয়া পূর্বের মত হইবে। ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণ ববে যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্তই নলে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে।

(iv) কাচনলটির উপর যদি একটি ছিড করা যায় তবে ঐ ছিডপথে বায়ু প্রবেশ করিবে এবং পারদস্তম্ভের উপর চাপ দিবে। ফলে স্তম্ভের উপরে এবং নীচে—অর্থাৎ A পাত্রেব পারদতলে চাপ সমান হইবে এবং পারদস্তম্ভ তখন আর

ঐভাবে দাঁড়াইয়া থাকিবে না; আপন ভারে নামিয়া A পাত্রে জমা হইবে।
নিম্নের সহজ পরীক্ষা দ্বারাও ইহা প্রমাণ করা যায়।

প্যাচকল (T) আটকানো একটি ব্যুরেট (Burette) A লইয়া জলপূর্ণ কর। ব্যুরেটের খোলামুখ হাত দিয়া আটকাইয়া উপুড় কর এবং জলপূর্ণ একটি পাত্রে (P) ভিতর ঢুকাইয়া হাত সরাইয়া লও। দেখিবে ব্যুরেটের জল পড়িয়া যাইবে না [চিত্র 5গ (ii)]। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ বায়ুমণ্ডলের চাপ P পাত্রে জলতলে পড়িতেছে এবং উহা জল কর্তৃক সঞ্চালিত হইয়া ব্যুরেটে দণ্ডায়মান জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিয়াছে—যেমন টরিসেলির পরীক্ষায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে। এইবার ব্যুরেটের প্যাচকল (T) খুলিয়া দাও। খোলাপথে বায়ু প্রবেশ করিয়া চাপ দিবে। দেখিবে যে জল ব্যুরেটে আব দাঁড়াইয়া নাই। আন্তে আন্তে P পাত্রে আসিয়া জমা হইয়াছে।

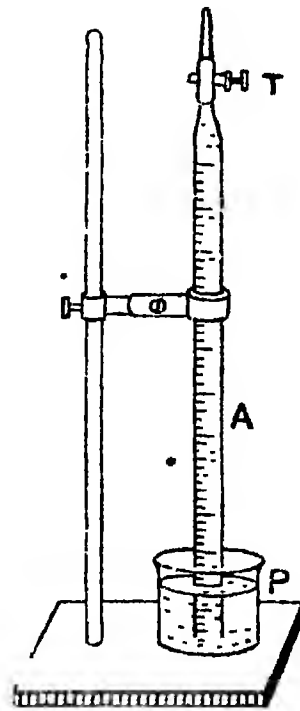
৫-৪. বায়ু-চাপ মাপক যন্ত্র বা
ব্যারোমিটার (Barometer):

যে-যন্ত্রেব সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপা হয় তাহাকে ব্যারোমিটার (Barometer) বলে। ব্যারোমিটার নানারকম হইতে পারে—ইহাদের মধ্যে Fortin's ব্যারোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই ব্যারোমিটারের বিবরণ ও কাৰ্যপ্রণালী নিম্নে বর্ণিত হইল।

(i) Fortin's ব্যারোমিটার:

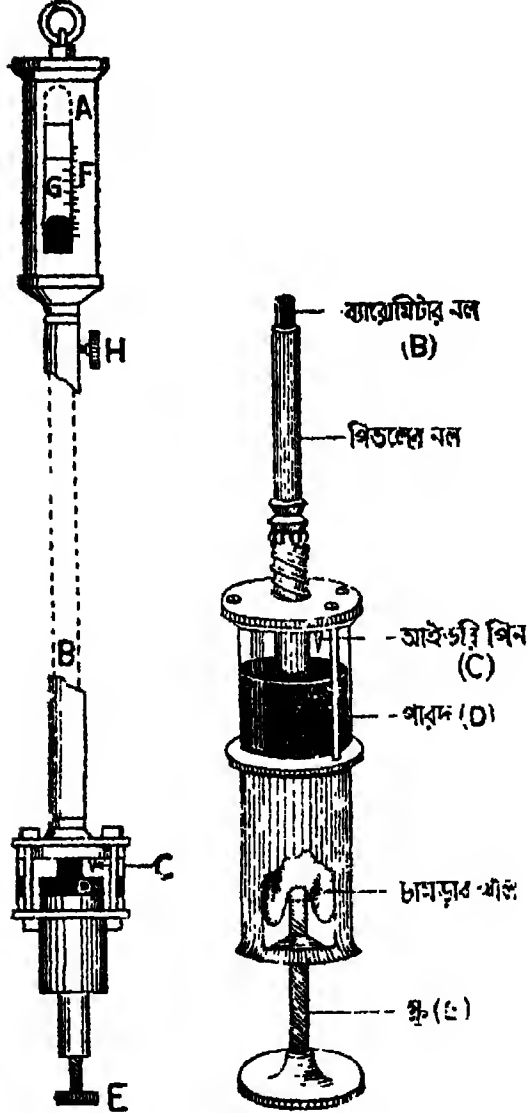
বিবরণ: টরিসেলির পরীক্ষায় যে-ব্যবস্থা করা হয় তাহাব কিছু সংশোধন এবং পরিবর্তন করিলে এই ব্যারোমিটার পাওয়া যায়। ৫ঘ নং চিত্রে Fortin's ব্যারোমিটারের একটি ছবি দেখানো হইল।

AB একটি সমবাসযুক্ত কাচনল। ইহার দৈর্ঘ্য প্রায় এক মিটার এবং ইহার একমুখ বন্ধ। টরিসেলির পরীক্ষার মত নলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্র D-র ভিতর খোলা মুখ ঢুকাইয়া উপুড় করিয়া রাখা আছে। পারদপূর্ণ এই পাত্রটির উপরাংশ কাচ মণ্ডিত এবং নিম্নাংশ পিতলের তৈয়ারী। কাচনলটি একটি পিতলের নলের মধ্যে বসানো



চিত্র ৫গ (ii)

থাকে বাহ্যতে বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচনলটি ভাঙ্গিয়া না যায়। সাধারণত পিতলের নলটি দেওয়ালে একটি আংটার দ্বারা একটি কাঠের ফ্রেমের সাহায্যে খাড়াভাবে ঝুলানো থাকে। পিতলের নলের উপরিভাগে প্রায় 20 সেন্টিমিটার লম্বা ও দেড় সেন্টিমিটার চওড়া দুইটি পরস্পর বিপরীত কাটা অংশ থাকে। এই কাটা অংশের মধ্য দিয়া কাচনল ও উহার অভ্যন্তরস্থ



Fortin's ব্যারোমিটার

চিত্র 5ঘ

অঙ্কিত আছে এবং এই স্কেলের C-দাগ হস্তিদন্তের পিনের অগ্রভাগের সহিত এক সমতলে অবস্থিত। পারদস্তম্ভের উচ্চতা সূক্ষ্মভাবে মাপিবার জন্য F স্কেলের সহিত একটি ভার্নিয়ার G যুক্ত থাকে। এই ভার্নিয়ারকে স্কেল বাহিয়া উঠা-নামা করাইবার জন্য একটি স্ক্রু-H পিতলের নলের গায়ে লাগানো থাকে।

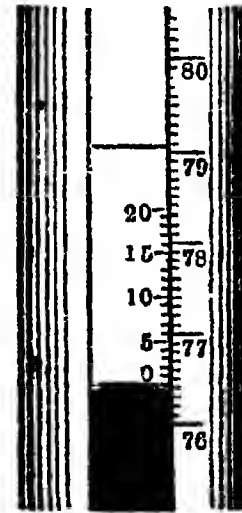
পারদতল দেখা যায়। D পারদ-পাত্রে পারদতল (level) সবদা এক রাখিবার জন্য একটি হস্তিদন্তের পিন (ivory pin) C দেওয়া থাকে। D-পারদপাত্রে পারদতল ঊঁচু-নীচু করিবার জন্য পাত্রেব তলায় একটি স্ক্রু E আছে। এই স্ক্রু ঘুরাইলে D পাত্রেব তলায় একটি চামড়ার খলিৰ আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় এবং তাহান কালে D পাত্রেব পারদতল ঊঁচুতে উঠে বা নীচুতে নামে। চামড়ার খলিৰ ভিতর দিয়া বায়ু চলাচল করিতে পাবে কিন্তু পারদ পারে না। ফলে D পাত্রেব পারদতলে বায়ু চাপ বাহিরের বায়ু-চাপের সমান হয়। [ব্যারোমিটারের এই তলাব অংশ 5ঘনং চিত্রে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।] পিতলের নলের গায়ে একটি স্কেল F

এই কু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ার G-কে এমন জায়গায় আনিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের নীচের প্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল (convex) তলের স্পর্শক (tangent) হয়। ভার্নিয়ারের এই অবস্থান ক্রটিহীনভাবে করিবার জন্ত ভার্নিয়ারের পিছনে একটি সাদা প্লেট লাগানো থাকে। যতক্ষণ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের নিম্নপ্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত কাঁচের ভিতর দিয়া সাদা প্লেট দেখা যাইবে। যে মুহূর্তে সাদা প্লেট দৃষ্টির অগোচর হইবে তখনই বুঝিতে হইবে যে ভার্নিয়ারকে ষণ্মাষণ অবস্থানে বসানো হইয়াছে। তাপমাত্রা পরিবর্তনে বায়ুচাপেও পরিবর্তন হয়। সেইজন্য ব্যারোমিটারের সহিত সর্বদা একটি থার্মোমিটার লাগানো থাকে (ছবিতে দেখানো হয় নাই)।

ব্যারোমিটার পাঠ (To read a barometer) :

ব্যারোমিটার পাঠ করিতে গেলে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করিতে হইবে যে D পারদপাত্রের পারদতল C পিনকে স্পর্শ করিয়া আছে কি-না। প্রতিদিন বায়ুচাপ পরিবর্তনের ফলে পারদতল পিনকে স্পর্শ না করিয়া থাকিতেও পাবে। এইজন্য সর্বপ্রথম H-কু ঘুরাইয়া পারদতলকে C পিনেব সহিত স্পর্শ করাইতে হইবে। ইহার ফলে পারদতল F-স্কেলের 0-দাগেব সহিত এক সমতলে আসিবে।

অতঃপর H-কু ঘুরাইয়া G-ভার্নিয়ারকে এমন-ভাবে রাখিতে হইবে যেন ইহার নিম্নতল পারদ-স্তম্ভের উত্তল তলেব স্পর্শক হয় (5ঙ নং চিত্র)। অতঃপর মূল স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ লইয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিলে তখনকার বায়ুচাপ পাওয়া যাইবে।



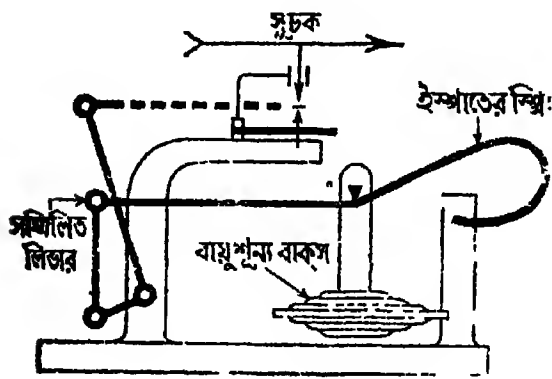
চিত্র 5ঙ

সাধারণত ব্যারোমিটারে যে-ভার্নিয়ার থাকে উহার স্থিরাক্ষ '005 cm. 5ঙ নং চিত্রে যে ভাবে দেখানো হইয়াছে তাহাতে মূল-স্কেল পাঠ হইল 76.4 cm এবং 12 ঘর ভার্নিয়ার দাগ একটি মূল স্কেল দাগের সহিত মিলিয়া যাওয়ায় ভার্নিয়ার পাঠ হইল $12 \times '005 = '06 \text{ cm.}$ সুতরাং ব্যারো-মিটার পাঠ হইল $76.4 + '06 = 76.46 \text{ cm.}$ ইহাই তখনকার বায়ু-চাপ নির্দেশ করে।

(2) Aneroid ব্যারোমিটার :

বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ভুল ও স্বল্পভাবে নির্ণয় করিতে গেলে Fortin's ব্যারোমিটার সর্বোৎকৃষ্ট, সন্দেহ নাই। কিন্তু ইহার একটি অসুবিধা এই যে ইহাকে নাড়াচাড়া করা যায় না, ইহাকে সর্বদা খাড়াভাবে একস্থানে আটকাইয়া রাখিতে হয়। Aneroid ব্যারোমিটারের এই অসুবিধা নাই—অর্থাৎ, ইহাকে সহজে নাড়াচাড়া করা যায়, কারণ, এই ব্যারোমিটারে কোন তরল পদার্থ ব্যবহৃত হয় না।

5চ নং চিত্রে এই ব্যারোমিটারের নকশা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত বাক্স বিশেষ। বাক্সটি আংশিক বায়ুশূণ্য এবং বায়ুনিরুদ্ধভাবে



Aneroid ব্যারোমিটার

চিত্র 5চ

বদ্ধ করা। বাক্সটির উপরে একটি পাতলা চেউথেলানো (corrugated) ধাতব ঢাকনী আছে। বায়ুমণ্ডলের চাপের সামান্য তাবতম্যে এই ঢাকনীটি ভিতরের দিকে নামিয়া যায় এবং চাপ কমিলে উপরের দিকে উঠিয়া আসে। বাক্সটির অভ্যন্তর বায়ুশূণ্য হওয়ায় এবং

ঢাকনীটি পাতলা বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপে উহা ভাঙ্গিয়া পড়িবার সম্ভাবনা থাকে। একটি শক্ত ইস্পাতের স্প্রিং ঢাকনীটিকে এই বিপদ হইতে রক্ষা কবে। যখন বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিবর্তিত হয় তখন ঢাকনীটি উপরে অথবা নীচে নড়াচড়া করে। ঢাকনীর এই সামান্য গতিকে (movement) একটি সম্মিলিত লিভার (combination of levers) যন্ত্র দ্বারা বহু গুণ বর্ধিত করা হয় এবং এই বর্ধিত গতি দ্বারা একটি সূচকে (pointer) একটি বৃত্তাকার স্কেলের উপর ঘুরানো হয়। এই স্কেলে (নকশাতে দেখানো হয় নাই) বায়ুমণ্ডলের চাপ অনুযায়ী দাগ কাটা থাকে। কাজেই স্কেলে সূচকের অবস্থান হইতে সরাসরি বায়ুমণ্ডলের চাপ জানা যায়।

সমুদ্রস্তর হইতে যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুচাপ তত কমিয়া যায়। সুতরাং বায়ুচাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব। Aneroid ব্যারোমিটার দ্বারা এই উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। তখন যন্ত্রটিকে বলা হয়

অল্টিমিটার (altimeter)। বায়ুচাপ নির্দেশক স্কেল ছাড়া ইহাতে উচ্চতা নির্দেশক স্কেলও যুক্ত থাকে। এরোপ্লেন চালক এবং পর্বতারোহীগণ এই যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় করেন।

4-4. বায়ুচাপের পরিমাণ (Magnitude of atmospheric pressure):

টরিসেলির পরীক্ষা-ব্যবস্থা হইতে আমরা দেখিলাম যে পারদপূর্ণ নলটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিলে নলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে প্রতি একক ক্ষেত্রে উহার ওজন বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। যেহেতু বায়ুস্তম্ভের ওজন উহার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক সেই হেতু বায়ুমণ্ডলের চাপকে সাধারণত পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, 'বায়ুমণ্ডলের চাপ 75 cm পারদস্তম্ভের সমান' বলিতে ইহা বুঝায় যে প্রতি একক ক্ষেত্রে উক্ত দৈর্ঘ্যযুক্ত পারদস্তম্ভের যে ওজন হইবে তাহাই বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

(i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

ধরা যাউক কোনও স্থানে কোন দিন ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm দেখা গেল, সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তখনকার বায়ুচাপ নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইবে :—

$$\begin{aligned} \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ, } P &= 1 \text{ sq. cm ভূমিবিশিষ্ট ও 76 cm. উচ্চতায় } \\ &\text{পারদস্তম্ভের ওজন} \\ &= (h \times 1) \times \rho \times g \quad [\rho = \text{পারদের ঘনত্ব}] \\ &= 76 \times 1 \times \rho \times g \quad = 136 \text{ gms/cm} \\ &= 76 \times 13.6 \times 981 \text{ dynes sq. cm.} \\ &= 1.013 \times 10^6 \text{ dynes sq cm.} \end{aligned}$$

(ii) এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm হইলে এক্. পি. এস্. পদ্ধতিতে উহা প্রায় 30 inches-এর সমান হইবে। অতএব,

বায়ুমণ্ডলের চাপ

$$\begin{aligned} P &= 1 \text{ sq. inch ভূমিবিশিষ্ট ও 30 inches উচ্চতা-যুক্ত পারদস্তম্ভের ওজন} \\ &= (h \times 1) \times \rho \times g \\ &= 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times 32 \text{ poundals/sq. inch.} \\ &= 14.7 \times 32 \text{ poundals/sq. inch.} \quad [\rho = \text{পারদের ঘনত্ব}] \\ &= 14.7 \text{ lbs. wt/sq inch.} \quad = \frac{136 \times 62.5}{(12)^3} \\ &\quad \text{lbs/cubic inch} \end{aligned}$$

5-5. বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ (Normal or standard atmospheric pressure) :

বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়ই পরিবর্তিত হয়। চাপ বেশী হইতেছে কিংবা কম হইতেছে ইহা বিচার করিতে গেলে কোন নির্দিষ্ট চাপকে মান (standard) ধরিতে হইবে। এই মানকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ বলা হয়। সমুদ্র-পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে এবং 0°C তাপমাত্রায় 76 cm উচ্চ পারদস্তম্ভ যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ধরা হয়। 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব 13 596 gms/cc. এবং 45° অক্ষাংশে সমুদ্র-পৃষ্ঠে $g=980.6 \text{ cm/sec}^2$ ধরিলে,

$$\begin{aligned}\text{বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ} &= 76 \times 13\,596 \times 980.6 \text{ dynes/sq. cm} \\ &= 1\,013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}\end{aligned}$$

লক্ষ্য করিবে যে স্বাভাবিক বায়ু-চাপের সংজ্ঞা বলিতে গিয়া নির্দিষ্ট তাপমাত্রা, অক্ষাংশ এবং সমুদ্র-পৃষ্ঠের উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সকল কারণে বায়ু-চাপ পরিবর্তন করে বলিয়া উপরোক্ত নির্দিষ্ট মানকে standard বা স্বাভাবিক মান ধরা হয়। যেমন, তাপমাত্রা ভেদে পারদের ঘনত্বের পরিবর্তন হয় বলিয়া 0°C তাপমাত্রায় ঘনত্বকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়। তেমনি বিভিন্ন অক্ষাংশে 'g' এর মান বিভিন্ন এবং 45° অক্ষাংশে 'g' এর মান গড় (980.6 cm/sec^2) বলিয়া এই নির্দিষ্ট অক্ষাংশ উল্লেখ করা হয়। তাছাড়া সমুদ্র সমতলের উচ্চতা শূন্য ধরা হয় বলিয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমুদ্র-পৃষ্ঠ হইতে মাপা হয়।

মন্তব্য :—(1) আবহবিদগণ (meteorologists) বায়ুমণ্ডলের চাপকে 'bar' এবং 'millibar' এককে প্রকাশ করিয়া থাকেন।

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} = 1 \text{ mega dyne/sq. cm.}$$

$$1 \text{ millibar} = \frac{10^6}{10^3} \text{ dynes/sq. cm} = 1000 \text{ dynes/sq. cm.}$$

এই একক অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপকে 1.013 bar বলা যাইতে পারে।

(2) গ্যাস বা তরলপদার্থ যদি ছুব বেশী চাপ প্রয়োগ করে তবে উহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপের সঠিক তুলনা করিয়া ঐ চাপকে প্রকাশ করিবার জন্য একটি পদ্ধতি আছে। যেমন, কোন গ্যাস বা তরল পদার্থ যদি $1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$ অথবা 14.7 lbs.wt/sq. inch চাপ প্রয়োগ করে, তবে উহাকে এক বায়ুমণ্ডল (1 atmosphere) চাপ বলিয়া প্রকাশ করা হয়। তেমনি দুই, তিন বা চার ইত্যাদি

বায়ুশুল্ক চাপ—এইভাবে গ্যাস বা তরল পদার্থের চাপকে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ atmosphere} = 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$

$$= 14.7 \text{ lbs. wt/sq. inch.}$$

(3) ব্যারোমিটারে পারদের পরিবর্তে জল ব্যবহার করিলে বায়ুশুল্কের চাপের দকন ব্যারোমিটার নলে যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকিবে তাহার উচ্চতা অনেক বেশী হইবে। পারদের ঘনত্ব 13.6 gms 'c. c. পরিমাণ লইলে অর্থাৎ জল অপেক্ষা পারদ 13.6 গুণ ভারী হইলে যখন পারদ ব্যারোমিটারের উচ্চতা 76 cm বা 30 inches তখন জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইবে $30 \times 13.6 \text{ inches} = \frac{30 \times 13.6}{12} \text{ ft} = 34 \text{ ft.}$

সুতরাং আমরা বলিতে পারি বায়ুশুল্কের চাপ 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভকে ঋণাত্মক থাকিবে অর্থাৎ রাখিবে বা বায়ুশুল্কের চাপ সুবিধা পাইলে জলকে 34 ft. ঋণাত্মক তুলিয়া দিবে (5-11 অনুচ্ছেদে 'শোষণ পাম্প' দেখা)। পারদ ব্যারোমিটার অপেক্ষা জল ব্যারোমিটার অনেক বেশী সুবেদী (sensitive) কারণ চাপের কোন পরিবর্তন হইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা'র যে পরিবর্তন হইবে জলস্তম্ভের উচ্চতার পরিবর্তন তাহা অপেক্ষা প্রায় 13.6 গুণ হইবে। কিন্তু জল ব্যারোমিটার যথ্য অপ্রত্যাবকরূপে দ্রাঘ্য ও প্রস্থ উচ্চ নড়াচড়া করা হইতে পারে না।

(1) আবায় জলের পরিবর্তে ব্যারোমিটার নলে অথ কোল তরল, যেমন গ্লিসারিন ব্যবহার করিলে সেক্ষেত্রে গ্লিসারিন স্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে তাহা আমরা অনায়াসে বাহির করিতে পারি।

জল-ব্যারোমিটারের উচ্চতা 34 ft. ধরিয়া লইলে, মনে করা যাক গ্লিসারিন ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইল h ft.; এক্ষেত্রে 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভ যে চাপ দিতেছে তা 34 ft উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপের সমান।

$$\text{এখন, 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভের চাপ} = \text{উচ্চতা} \times \text{ঘনত্ব} \times g$$

$$= 34 \times 62.5 \times g$$

$$\text{এবং } h \text{ ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপ} = h \times 1.25 \times 62.5 \times g$$

$$(\text{গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = 1.25)$$

$$\text{সুতরাং } h \times 1.25 \times 62.5 \times g = 34 \times 62.5 \times g$$

$$h = \frac{34}{1.25} = 27.2 \text{ ft}$$

5-6. আবহাওয়ার পূর্বাভাস ; বায়ুচাপের উপর জলীয় বাষ্পের প্রভাব :

বায়ুচাপ নির্ণয় করা ছাড়া ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস পাওয়া সম্ভব। নানা প্রাকৃতিক কারণে কোন স্থানের বায়ুচাপ পরিবর্তিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতারও পরিবর্তন হয়।

যেমন পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে কমিতে থাকিলে বোঝা যায় যে শীঘ্রই বৃষ্টির সম্ভাবনা আছে। কারণ উচ্চতা কমার অর্থ বায়ুচাপ কমিয়া যাওয়া এবং তাহা একমাত্র সম্ভব যদি বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হয়। জলীয়-বাষ্প শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ঐরূপ হয়। বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে।

তেমনি হঠাৎ যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে চতুর্দিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ সহসা কমিয়া গিয়াছে। ফলে পার্শ্ববর্তী উচ্চ-চাপের স্থান হইতে প্রবলবেগে বায়ু ঐদিকে প্রবাহিত হইবে। অর্থাৎ ঝড়ের সম্ভাবনা আছে।

আবার যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডল হঠতে জলীয়-বাষ্পকে অপসারিত করিয়া শুষ্ক বায়ু সেই স্থান অধিকার করিতেছে। অর্থাৎ, আবহাওয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার থাকিবে।

এইভাবে ব্যারোমিটার লক্ষ্য করিয়া আবহাওয়ার পূর্বাভাস সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা করা যায়।

যে কোন স্থানের বায়ু চাপ, বায়ুপ্রবাহের অভিমুখ, বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ--ইত্যাদি বায়ুমণ্ডলের নানাবিধ ঘটনা অনবরত পরিবর্তিত হয়। আবহাওয়া অফিসে বিবিধ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের পাঠ লওয়া হয় এবং প্রাপ্ত রাশিগুলি একটি ছক কাগজে বিন্দু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সমচাপ-সম্পন্ন সকল স্থানগুলি একটি নিববচ্ছিন্ন রেখা দ্বারা সংযুক্ত করা হয়। এই ধরনের বিভিন্ন রেখা সম্বলিত ছক কাগজকে আবহাওয়া মানচিত্র (weather chart) বলে। সমচাপ-সম্পন্ন রেখাগুলি মানচিত্রে সমচাপরেখা (isobar) বলিয়া বর্ণিত থাকে। তেমনি নিম্নচাপের স্থানগুলিকে ঘূর্ণবাত (cyclone) অঞ্চল ও উচ্চ চাপের স্থানগুলিকে প্রতীপ-ঘূর্ণবাত (anti-cyclone) অঞ্চল বলা হয়। ঘূর্ণবাত বা প্রতীপ ঘূর্ণবাত কোন

নির্দিষ্ট স্থানে অধিক সময় স্থায়ী হয় না এবং ইহারা যথাক্রমে দুর্বোপগুণ ও ক্ষুদ্র আবহাওয়া ঘোষণা করে।

৫-৭. ব্যারোমিটারের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় (Determination of height by a barometer) :

উচ্চতা বৃদ্ধি পাইলে বায়ু-চাপ হ্রাস পায় ; অতএব বায়ু চাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা যায় একথা ৫ ৩ অনুচ্ছেদে উল্লেখ করা হইয়াছে।

মনে কর, A এবং B দুইটি বিন্দু—উহাদের মধ্যে উচ্চতা H cm. এখন, ঐ দুই বিন্দুতে ব্যারোমিটার পাঠ যথাক্রমে h_1 cm পারদস্তম্ভ এবং h_2 cm. পারদস্তম্ভ। ব্যারোমিটার পাঠের পার্থক্য—অর্থাৎ $(h_1 - h_2)$ cm. পারদস্তম্ভের চাপ হইবে H cm. বায়ুস্তম্ভের চাপের সমান।

এখন, পারদের ঘনত্ব ' ρ ' এবং বায়ুর গড় ঘনত্ব ' d ' দিবে, ঐ পারদস্তম্ভের চাপ $= (h_1 - h_2) \rho$ gms-wt.

এবং ঐ বায়ুস্তম্ভের চাপ $= H \cdot d$ gms. wt.

$$\therefore H \cdot d = (h_1 - h_2) \rho$$

$$\therefore H = \frac{(h_1 - h_2) \rho}{d}$$

উদাহরণ : একটি বাড়ীর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন তলায় ব্যারোমিটার পাঠ দেখা গেল যথাক্রমে 29.905 inches এবং 29.949 inches, পারদ ও বায়ুর ঘনত্ব যথাক্রমে 13.53 এবং .001293 gm/c.c. হইলে, বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[The readings of a barometer at the top and ground floor are 29.905 inches and 29.949 inches respectively. The densities of mercury and air are 13.53 and .001293 gm/c.c. respectively. Find the height of the building.]

উ। যেহেতু 1 inch = 2.5 cm.; কাজেই ব্যারোমিটার পাঠের তফাৎ = $(29.949 - 29.905) \times 2.5 = 0.44 \times 2.5$ cm.

সুতরাং পারদস্তম্ভের চাপ = $0.44 \times 2.5 \times 13.53$ gms-wt.

এবং বায়ুস্তম্ভের চাপ = $H \times 0.001293$ gms-wt.

$$\therefore H \times 0.001293 = 0.44 \times 2.5 \times 13.53$$

$$H = \frac{0.44 \times 2.5 \times 13.53}{0.001293} \text{ cm.}$$

$$= 1152 \text{ cm.}$$

5-8. গ্যাসের চাপ এবং বয়েলের সূত্র (Pressure of a gas and Boyle's Law) :

চাপ প্রদান করিয়া গ্যাসের আয়তন অতি সহজে পরিবর্তন করা যায়—অর্থাৎ, গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility) কঠিন বা তরল পদার্থ হইতে অনেক বেশী। তাছাড়া, তরল পদার্থে বা বায়ুগুণে যেমন বিভিন্ন গভীরতায় চাপ বিভিন্ন হয়, আবদ্ধ গ্যাসে তাহা হয় না। আবদ্ধ গ্যাসের চাপ সর্বত্র সমান। উহা আধাবের সর্বত্র সমান চাপ দেয়।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক সম্বন্ধে যে-সূত্র আছে তাহাকে বয়েলের সূত্র বলে। এবাট বয়েল এই সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্রানুযায়ী বলা যায় যে তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং উহার চাপ যদি P হয় তবে উৎপন্ন সূত্রানুযায়ী

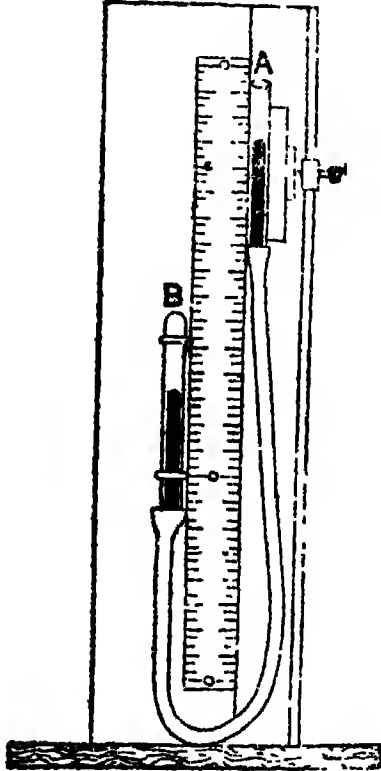
$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তন না হয়।}$$

অর্থাৎ, $VP = \text{একক।}$

যাজেই ফোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি হয়, তবে $V_1P_1 = V_2P_2 = V_3P_3$ ইত্যাদি।

5-9. বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Boyle's Law) :

বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করিতে 5ছ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। A এবং B দুইটি কাচনলী। B নলের উপরের মুখ বদ্ধ। A নলের উভয় মুখ খোলা। উহার কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে একটি স্কেলের দুইপাশে আটকানো। A কাচনলীটি উপরে-নীচে সাবানো যায়। উভয়কে



বয়েলের সূত্র পরীক্ষার যন্ত্র

চিত্র 5ছ

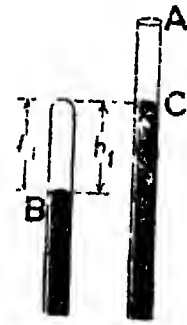
দুইপাশে আটকানো। A কাচনলীটি উপরে-নীচে সাবানো যায়। উভয়কে

একটি রবার নল দ্বারা সংযুক্ত করা আছে। A এবং B নলের কিয়দংশ এবং রবার নলটি পুরাপুরি পারদপূর্ণ। B কাচনলের পারদস্তম্ভের উপরে কিছু বায়ু আবদ্ধ। বায়ু এক প্রকার গ্যাস বলিয়া বায়ুদ্বারা বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা হইবে। B কাচনলটি সমবাসযুক্ত হওয়ায় পারদস্তম্ভের উপরতল হইতে B নলের প্রান্ত পর্যন্ত দৈর্ঘ্য বায়ুব আয়তনের পরিমাপস্বরূপ ধরা যাইবে। আবার কোন কোন সময়ে B নলের গায়ে আয়তনসূচক স্কেল ঝাঁটা থাকে। এই স্কেল হইতে সরাসরি B নলের বায়ুব আয়তন জানা যায়।

কার্যপ্রণালী :

A নলটিকে এমন উচ্চতায় রাখ যে উভয় নলে পারদস্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এই অবস্থায় B-নলে আবদ্ধ বায়ুব চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। স্কেল হইতে B-নলে আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। মনে কর, দৈর্ঘ্য l এবং চাপ H (ব্যারোমিটার হইতে প্রাপ্ত)।

এইবার আস্তে আস্তে A নলকে কিছু উপরে তোল। এই অবস্থায় A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উঁচুতে থাকিবে এবং B-নলের বায়ুব চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে। ধন, এই অবস্থায় পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ h_1 [চিত্র 5ছ (1)]। সুতরাং B-নলের বায়ুব চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ + h_1 পারদ স্তম্ভের চাপ = $H + h_1$. এখন B নলের আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধন, উহা l_1 . এইরূপে A-নলের পারদস্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উঁচুতে বাখিয়া কয়েকবার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য

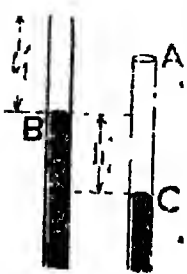


চিত্র 5ছ (1)

ও চাপ যথাক্রমে l_2, l_3 এবং $(H + h_2), (H + h_3)$ হয় তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl = (H + h_1) l_1 = (H + h_2) l_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী চাপে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য।



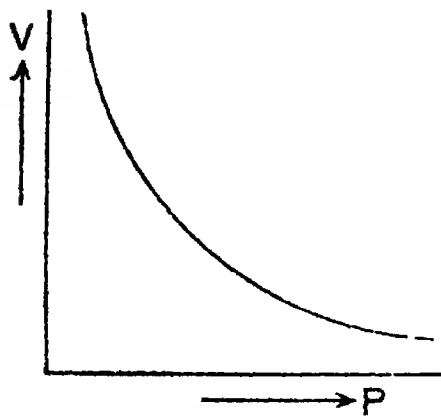
চিত্র 5ছ (ii)

পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভের নীচে থাকে। কোন এক অবস্থায়, ধন, পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পাথক্য h'_1 হইল [চিত্র 5ছ (iii)]।

সুতরাং B-নলে বায়ুচাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ - h'_1 পারদ-স্তম্ভের চাপ = $H - h'_1$.
এখন B-নলের বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, এই দৈর্ঘ্য l'_1 . এইরূপে
A-নলের পারদস্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ অপেক্ষা নীচুতে রাখিয়া কয়েকবার
পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে l'_2, l'_3
এবং $(H - h'_2), (H - h'_3)$ হয়, তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl = (H - h'_1) l' = (H - h'_2) l'_2 = \dots \text{ইত্যাদি।}$$

মন্তব্য : প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন এবং চাপ নির্ণয় করিয়া উহাদের গুণফলকে
গ্রন্থক দেখাইবার পবিবর্তে লেখচিত্রের (graph) সাহায্যেও বয়েলের সূত্রের সত্যতা



চিত্র ১৯ (iii)

সম-উষ্ণতা লেখ

পরীক্ষা করা যায়। বয়েলের সূত্র সত্য
ধরিয়া লইলে আমরা জানি $PV = \text{গ্রন্থক}$
অর্থাৎ, আয়তন ও চাপের একটি লেখ-চিত্র
আঁকিলে উহা উক্ত সমীকরণ অনুযায়ী
১৯ (iii) চিত্রের মতন একটি আয়তাকার
পরাবৃত্ত (rectangular hyperbola)
হওয়া উচিত। এখন পরীক্ষালব্ধ আয়তন
ও চাপগুলি একটি ছক কাগজে (squared
paper) ফেলিয়া লেখ আঁকিলে উহা যদি

আয়তাকার পরাবৃত্ত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে বয়েলের সূত্র সত্য। এই ধরনের
লেখকে উক্ত গ্যাসের সম-উষ্ণতা লেখ (isothermal) বলা হয়।

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় ও 10 বায়ুমণ্ডল চাপে 10 litres বায়ুর আয়তন
বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় কত litre হইবে ?

[What will be the volume in litre of air at normal
temperature and pressure if it occupies 10 litres at 0°C and
10 atmosphere pressure ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা 0°C হওয়াতে উভয়ক্ষেত্রে তাপমাত্রা একই
থাকিতেছে। সুতরাং এস্থলে বায়ুর সূত্র প্রয়োগ করা যাইবে।

$$\text{আমরা জানি, } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } P_1 = 10 \text{ atmospheres, } V_1 = 10 \text{ litres,}$$

$$P_2 = 1 \text{ atmosphere, (বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ) এবং } V_2 = ?$$

$$\text{কাজেই } 10 \times 10 = 1 \times V_2$$

$$\therefore V_2 = 100 \text{ litres.}$$

(2) 31.4 c.c. আয়তনযুক্ত একটি আবদ্ধ কাচপাত্র বায়ুপূর্ণ করা হইল। পরে ঐ বায়ুকে 5 cm দীর্ঘ ও 1 mm ব্যাসযুক্ত একটি সরু নলে ঢুকানো হইল। ইহাতে বায়ু-চাপ দেখা গেল 4 cm পারদস্তম্ভের সমান। কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ কত ছিল ?

[The air in a bulb of 31.4 c.c. capacity is compressed into a narrow tube 5 cm. long and 1 mm. diameter and the pressure of air in the narrow tube is found to be 4 cm. of mercury. What was the pressure of air in the bulb ?]

উ। মনে কর, কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ = H cm পারদস্তম্ভের সমান।

এখন, সরু নলের আয়তন = $\pi r^2 \times l$

$$= 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c.c.}$$

আমরা জানি $P_1 V_1 = P_2 V_2$

এক্ষেত্রে, $P_1 = H$, $V_1 = 31.4 \text{ c.c.}$, $P_2 = 4 \text{ cm. of mercury}$,
 $V_2 = 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \text{ c.c.}$

$$\text{কাজেই, } H \times 31.4 = 3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4$$

$$\text{অথবা } H = \frac{3.14 \times (.05)^2 \times 5 \times 4}{31.4} = .005 \text{ cm. of mercury.}$$

(3) একটি ভাল ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm.; 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারেব ভিতর ঢুকাইলে পারদস্তম্ভেব উচ্চতা 70 cm. হয়। পারদস্তম্ভেব উপরের অংশের আয়তন নির্ণয় কর (ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq.cm.)।

[A good barometer reads 75 cm. On admitting 1 c.c. of air, the reading is 70 cm. Find the volume of the space above the mercury at the end. The cross-section of the barometer tube is 1 sq. cm.]

উ। মনে কর, বায়ু ঢুকানোর পর পারদস্তম্ভের উপরের অংশের দৈর্ঘ্য হইল x cm.

সুতরাং, ঐ বায়ুর আয়তন = $x \times 1 \text{ c.c.}$

এখন, এই বায়ু পারদস্তম্ভের উপর যে চাপ প্রয়োগ করিতেছে তাহা $(75 - 70) = 5 \text{ cm.}$ পারদস্তম্ভের সমান।

এই বায়ুর পূর্বেব আয়তন ও চাপ যথাক্রমে 1 c.c. এবং 75 cm পারদস্তম্ভ ছিল। সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যাইবে যে,

$$x \times 1 \times 5 = 75 \times 1$$

$$\text{or, } x = 15 \text{ cm.}$$

সুতরাং পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন = $15 \times 1 \text{ c.c.} = 15 \text{ c.c.}$

(4) 1 sq. cm প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত একটি ব্যারোমিটার নলে একটি বায়ুর বুদবুদ ঢুকানো হইলে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. হইতে কমিয়া 65 cm. হয়। বুদবুদটি ঢুকাইবার পূর্বে পারদস্তম্ভের উপরের শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 6 cm. থাকিলে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ঐ বুদবুদটির আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

[A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section, and the mercury column falls from 75 cm. to 65 cm. If the space before the introduction of air was 6 cm. long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.] [H. S. Exam 1960]

উ। পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য-হ্রাস $= 75 - 65 = 10$ cm.

সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য $= 10 + 6 = 16$ cm.

ঐ বায়ুর আয়তন $= 16 \times 1 = 16$ c.c.

এবং " " চাপ $= (75 - 65) = 10$ cm. of mercury.

যদি মনে করা যায় বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (76 cm. of Hg)

নির্ণেয় আয়তন x c.c., তবে বসেলেব সূত্রানুযায়ী,

$$x \times 76 = 16 \times 10$$

$$\therefore x = \frac{16 \times 10}{76} = 2.105 \text{ c.c.}$$

(5) কোন জলাশয়ের তলদেশ হইতে উপবতলে আসিতে একটি বুদবুদের আয়তন পাঁচগুণ বৃদ্ধি পাইল। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 30 inches হইলে জলাশয়ের গভীরতা কত? পারদের ঘনত্ব $= 13.6$ gms c.c.]

[The volume of an air bubble increases five-fold in rising from the bottom of a lake to the surface. If the barometric height be 30 inches, find the depth of the lake. Density of mercury $= 13.6$ gms/c c.]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ জলস্তম্ভের দ্বারা প্রকাশ করিলে উহার উচ্চতা হইবে $= 30 \times 13.6$ inches.

যদি জলাশয়ের গভীরতা h inches ধরা হয় তবে, উহার তলদেশে মোট চাপ $=$ বায়ুমণ্ডলের চাপ $+$ জলস্তম্ভের চাপ
 $= (30 \times 13.6 + h)$ inches of water.

তলদেশে থাকাকালীন বদ্বৃদের আয়তন V ধরিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$(30 \times 13.6 + h).V = 5V \times 30 \times 13.6$$

$$\text{or, } 408 + h = 2040$$

$$\therefore h = 1632 \text{ inches} \\ = 136 \text{ ft.}$$

(6) একটি খালি খোলামুখ বোতলের মুখ নীচ দিকে ববিয়া সমুদ্র জলে (আঃ গুঃ = 1.03) ডুবানো হইল। কত গভীরে ডুবাইলে বোতলটির আভ্যন্তরীণ আয়তনের $\frac{1}{4}$ অংশ জলে ভর্তি হইবে? বায়ুমণ্ডলের চাপ 30 inches পারদস্তম্ভের সমান।

[An open bottle is immersed upside down in sea-water (sp. gr. = 1.03). To what depth is it to be immersed so that $\frac{1}{4}$ of its volume is filled up by water? The atmospheric pressure is 30 inches of mercury.)

উ। মনে কর নির্ণয় গভীরতা = h inches এবং বোতলের আয়তন = V .

খালি অবস্থায় বোতলের সম্পূর্ণ আয়তন বায়ু দ্বারা অধিকৃত এবং উহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

' h ' গভীরতায় বায়ুর আয়তন = $\frac{3V}{4}$ এবং উহার চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ +

$$h \text{ inches জলস্তম্ভের চাপ} = 30 \times 13.6 + h \times 1.03$$

অতএব বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V \times 30 \times 13.6 = \frac{3V}{4} \times (30 \times 13.6 + h \times 1.03)$$

$$\text{or, } 30 \times 13.6 - \frac{3}{4} (30 \times 13.6) = \frac{3 \times h \times 1.03}{4}$$

$$\therefore h = \frac{30 \times 13.6}{3 \times 1.03} \text{ inches}$$

$$= \frac{30 \times 13.6}{3 \times 10.3 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 11.2 \text{ ft.}$$

(7) একটি 6 ft. লম্বা একমুখী নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইল। নলের খোলামুখ হাত দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইয়া একটি পারদপূর্ণ পাত্রে খোলামুখ ঢুকাইয়া দেওয়া হইল। ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches হইলে খাড়া অবস্থায় ঐ নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[A tube 6 ft. in length, closed at one end, is half-filled with mercury and is then inverted with its open end just dipping into a mercury trough. If the barometer stands at 30 inches, what will be the height of mercury inside the tube ?]

উ। নলের দৈর্ঘ্য = 6 ft = 72 inches ; ধর, নলের প্রস্থচ্ছেদ = α .
সুতরাং নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইলে বাকি অর্ধেক যে বায়ু আছে তাহার আয়তন = $\frac{1}{2} \cdot \alpha = 36 \cdot \alpha$. এই বায়ুর চাপ = 30 inches.

এখন, নলটিকে উল্টাইলে, ধর, পারদস্তম্ভ 'h' উচ্চতায় থাকিল। সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = (72 - h) inches এবং ঐ বায়ুর আয়তন = (72 - h) α . ঐ বায়ু যে চাপ প্রদান করে তাহা = (30 - h) inches.

অতএব বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$36 \cdot \alpha \cdot 30 = (72 - h) \cdot \alpha \cdot (30 - h)$$

$$\text{or, } 36 \cdot 30 = (72 - h)(30 - h)$$

$$\text{or, } h^2 - 102h + 1080 = 0$$

$$\text{or, } (h - 90)(h - 12) = 0$$

$$\therefore h = 90 \text{ inches অথবা } 12 \text{ inches.}$$

কিন্তু নলের মোট দৈর্ঘ্য 72 inches হওয়ায় $h = 90$ inches হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং নলের অভ্যন্তরস্থ পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য = 12 inches.

(8) দুই বিভিন্ন সময় যখন একটি ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ $28\frac{1}{2}$ inches এবং 31 inches তখন একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28 inches এবং 30 inches; যখন ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিবে তখন যথার্থ পাঠ কি হইবে ?

[A faulty barometer reads 28 inches and 30 inches when a true barometer reads $28\frac{1}{2}$ inches and 31 inches respectively. Find the true reading when the faulty barometer stands at 29 inches.]

বায়ুগুলের চাপ এবং চাপসংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প

উ। যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ 28 inches, তখন, যদ্যপি, পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য l inches, অতএব উহার আয়তন $= l \times \alpha$
[α = নলের প্রস্থচ্ছেদ]

এ বায়ুর চাপ = ক্রটিহীন ব্যারোমিটারের উচ্চতা - ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা

$$= 28\frac{1}{2} - 28 = \frac{1}{2} \text{ inch.}$$

আবার যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার পাঠ 30 inches, তখন পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (30 - 28) = (l - 2)$ inches এবং উহার চাপ $= 31 - 30 = 1$ inch. কাজেই বসেলেব সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{2} l \times \alpha = 1 \times (l - 2) \alpha.$$

$$\therefore l = 4 \text{ inches.}$$

সবশেষে যখন ক্রটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিতেছে তখন বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (29 - 28) = 4 - 1 = 3$ inches. তখনকার ব্যারোমিটার পাঠ যদি P inches হয়, তবে এই বায়ুর চাপ $= (P - 29)$ inches.

$$\therefore \frac{1}{2} l \times \alpha = 3 \times (P - 29)$$

$$\text{or, } \frac{1}{2} \times 4 = 3(P - 29)$$

$$\text{or, } P - 29 = \frac{2}{3} = 29\frac{2}{3} \text{ inches.}$$

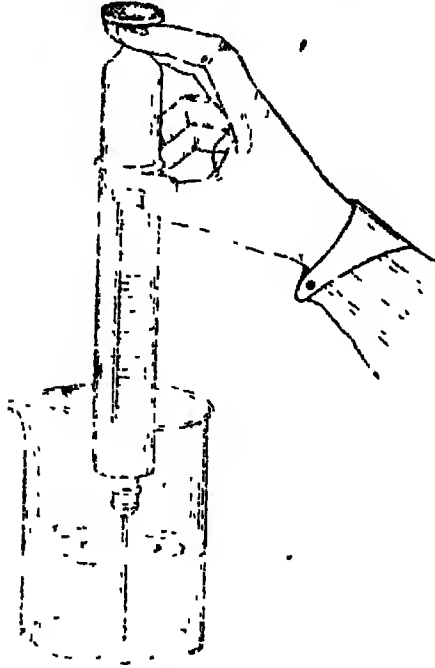
5-10 বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র (Air pressure machines) :

বায়ুগুলের চাপকে অবলম্বন করিয়া কতকগুলি যন্ত্র তৈয়ারী হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির সাধাবণ নীতি হইতেছে নিম্নরূপ :

একটি বায়ু-নিকট পিস্টনের সাহায্যে কোন আবদ্ধ জায়গায় বায়ুর চাপ কমানো হয় এবং বাহিরের বায়ুগুলের চাপের সাহায্যে কোন তরলকে এই আবদ্ধ জায়গায় ঢুকানো হয়। তরল সাহায্যে একদিকেই যাইতে পারে এইজন্য একপ্রকার ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়, তাহাকে ভাল্ভ (valve) বলে। এই ভাল্ভ তরলকে একদিকে যাইতে দেয় এবং বিপরীত দিক হইতে তরল আমিলেই ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায়। সিরিঞ্জ (syringe), বিভিন্ন ধরনের পাম্প ইত্যাদি যন্ত্র এই নীতিতেই তৈয়ারী।

5-11. পিচ্কারী (Syringe) :

একটি কাচের চোঙের একমুখ স্ফচাল এবং অপরমুখ খোলা। চোঙের ভিতর দিয়া একটি বায়ুনিক পিস্টন উপর-নীচে যাতায়াত করিতে পারে। ইহাই পিচ্কারী বা সিবিলি। স্ফচাল মুখ কোন তরলে ডুবাইয়া পিস্টনটি উপরে টানিলেই চোঙটি তরল দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায় (5জ নং চিত্র)।



পিচ্কারী বা সিবিলি

চিত্র 5জ

কার্যপ্রণালী : পিস্টনটি উপরের দিকে টানিলে পিস্টনের তলাব বায়ব আয়তন বৃদ্ধি হয়। ফলে এই বায়ব চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কমিয়া যায়। পাত্রস্থ তরলের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। এই বেশী চাপের ফলে তরল স্ফচাল মুখ দিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিয়া পড়ে। যখন পিচ্কারী তরল হইতে বাহিরে আনা যায় তখন বায়ুমণ্ডলের উপর চাপের ফলে তরল স্ফচাল মুখ হইতে পড়িয়া যায় না।

আবার পিস্টনটি নীচের দিকে মেলিয়া দিলে চোঙের তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। তখন তরল স্ফচাল মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

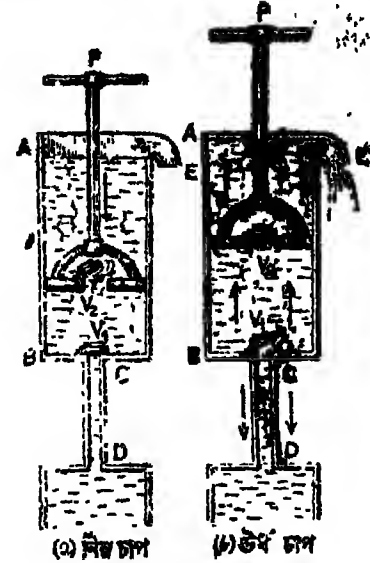
চিকিৎসকেরা এই ধরনের পিচ্কারী দ্বারা ইনজেকশন দেন। হাত ডা কলমে কালি ভণ্ডিবার ড্রপার, সবদত খাইবার সৰু বার্টি প্রভৃতি একই নীতি অনুযায়ী কাজ করে।

5-12. শোষণ বা সাধারণ পাম্প (Suction or Common pump) :

ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে জল তুলিবার জন্য স্টীভ-ওয়েলে এই পাম্প ব্যবহার করা হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : AB একটি লোহার শক্ত চোঙ (5ক নং চিত্র)। চোঙের তলায় অপেক্ষাকৃত সৰু একটি নল CD লাগানো থাকে। ঘে-স্থান

হইতে জল তুলিতে হইবে এই নলটি তাহার ভিতর ডুবানো থাকে। টিউবওয়ালে এই নল মাটির ভিতর জলের স্তর অবধি ঢুকানো থাকে। চোঙটির ভিতর একটি জল-নিরুদ্ধ (water-tight) পিস্টন P উঠা-নামা করিতে পারে। এই পিস্টনটির তলায় একটি গোলাকার চাকতি থাকে এবং ঐ চাকতিব মধ্যস্থলে একটি ফুটা দিয়া জল উপরে আসিতে পাবে। পিস্টন দণ্ডের সাহায্যে চাকতিটিকে চোঙ বরাবর উঠা-নামা করানো যায়। চোঙটির প্রায় উপরের প্রান্তে একটি গোলা-মুখ E (spout) আছে যাহা হইতে জল বাহির হইয়া আসিতে পারে। V_1 এবং V_2 দুইটি ভাল্ভ আছে। ইহাও উপরেব দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে নীচু হইতে উপরে বাইতে দেয় কিন্তু জল উপর হইতে নীচুতে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায়। V_1 ভাল্ভ CD নল ও AB চোঙের সংযোগস্থলে এবং V_2 ভাল্ভ পিস্টনের সহিত যুক্ত।



সাদৃশ্য পাম্পের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ক

কার্যপ্রণালী :

[5ক (a) ও (b) নং চিত্র হইতে ইহাও কার্যপ্রণালী বুঝা যাইবে।

যদি বাউক, যখন পাম্প ক্রিয়া আরম্ভ করিল তখন পিস্টনটি চোঙের সবনিম্ন স্থানে আছে এবং ভাল্ভ দুইটি বন্ধ। এখন পিস্টনকে উপরেব দিকে তুলিলে পিস্টনের তলাব বায়ুর আয়তন হ্রাস পাইবে এবং বায়ুর চাপ অনেক কমিয়া যাইবে। কিন্তু V_2 ভাল্ভের ওপর নিয়মিত চাপ এবং V_1 ভাল্ভের উপর উৎসর্গিত চাপ বায়ুশুল্কের চাপের সমান। তাহা পিস্টনের উপরে CD নলে সাধারণ বায়ু বর্তমান। ফলে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে কিছু জলও চোঙে পৌছাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত পিস্টন সর্বোচ্চস্থানে না যাইবে ততক্ষণ C নল দিয়া বায়ু ও জলের এইরূপ উৎসর্গিত হয় এবং ইহাও চোঙের কিছু অংশ অধিকার করে।

এখন পিস্টনকে নীচের দিকে নামাইলে AB চোঙের বায়ু ক্রমাগত চাপ

হাইবে এবং যখন ইহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে তখন V_2 ভাল্ভ খুলিয়া যাইবে এবং বায়ু খোলামুখ দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। খানিকটা জলও পিস্টনের উপর আসিতে পারে। যতক্ষণ পিস্টন নীচেরদিকে নামিবে ততক্ষণ এইপ্রকার ক্রিয়া চলিবে এবং ততক্ষণ V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে।

এইরূপ কয়েকবার পিস্টনকে উঠা-নামা করাইলে জল E-মুখ পর্যন্ত পৌঁছিবে। তারপর আব একবার পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে E-মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিবে এবং একবার বাহির হইলে পিস্টনের প্রত্যেক উর্ধ্বগতিতে জল E-মুখ দিয়া বাহির হইবে।

মনে রাখিবে যে পিস্টনের নিম্নগতিতে জল পিস্টনের উপর সঞ্চিত হয় এবং উর্ধ্বগতিতে ঐ জল E-মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

যন্ত্রের সীমা (Limitation of the pump) : পাম্পের ক্যামপালায়ী হইতে বোঝা যায় যে চোঙে জল প্রবেশ করিবার জন্য দান্না হইতেও বায়ুমণ্ডলের চাপ। কিন্তু আমাদের জানা আছে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ জলকে প্রায় 34 ফুট পর্যন্ত তুলিয়া নগানে। কাজেই চলানো জল হইতে চোঙ পর্যন্ত CD নলের উচ্চতা 34 ফুটের বেশী হইলে পাম্প দ্বারা জল তোলা যাবে না। প্রকৃতপক্ষে এই নল 30 ফুটের বেশী নথ্য করা হয় না।

উদ্ভেদ্য : (1) টিউবওয়ে অনেক সময় 30 ফুটের অনেক বেশী গভীর পর্যন্ত নল বসানিতে হয়। সেখানে মনে রাখিতে হইবে যে, মাটির ভিত্তির জলও সব সহিত কাছাকাছি কোন পুণ্ডর, নদী ইত্যাদির সংযোগ আছে। কাজেই ঐ জল জল সমন্বিত প্রবণতায় জল নল দ্বারা পুণ্ডরের জলের তল পর্যন্ত আপনা আপনিই উঠিবে। কাজেই এক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে মাটি হইতে চোঙ পর্যন্ত নলের উচ্চতা 34 ফুটের কম কিনা।

(2) পিস্টনের চাক্তিটিকে চোঙের গা বরাবর বায়ুনিক্রভাবে চলাচন করাইবার জন্য চাক্তির বেড় একটি চামড়ার পট্টা লাগানো থাকে। ইহাকে 'ওয়াশার' বলে। চামড়ার 'ওয়াশার'টি চোঙের গায়ে বেশ আঁট হইয়া থাকে। কিন্তু কিছুদিন পাম্প ব্যবহার না করিলে চামড়া শুকাইয়া শক্ত হইয়া যায় এবং তখন 'ওয়াশার' আর তেমন আঁট থাকে না। এই অবস্থায় ঐ পাম্প দিয়া আর জল তোলা যায় না।

(3) আবার অনেক সময় দেখা যায় যে পাম্প ঠিকমত কাজ করিতেছে না কিন্তু উপর হইতে চোঙের ভিত্তর জল ঢালিয়া দিলে পাম্প কাজ করিতে শুরু করে। ইহার কারণ এই যে 'ওয়াশার'টি কোন কারণে পূর্ব হইতেই একটু আলগা ছিল। জল পাইবা চামড়া ফুনিয়া উঠে এবং তাহাতে 'ওয়াশার' আবার আঁট হইয়া যায়। তখন পাম্প ঠিকমত কাজ করিতে পারে। ইহাকে 'প্রিমিং' (priming) বলে।

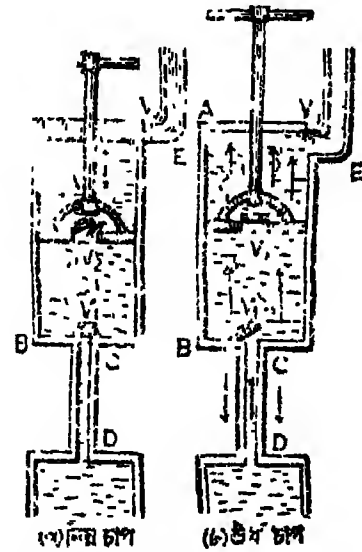
5-13. উত্তোলক পাম্প (Lift Pump) : কোন বাড়ীর দোতলা বা তিন তলায় অথবা কোন উঁচু ভাষগাতে জল তুলিবার জন্য এই পাম্প ব্যবহৃত হয়।

পাম্পের বিবরণ : এত পাম্প পূর্বনির্দিষ্ট সাধারণ পাম্প-এর মত। কেবল E-মুখটি নীচদিকে না করিয়া উহাও সঙ্গে যুক্ত একটি লম্বা উপরমুখী নল যেখানে জল তুলিতে হইবে সেই পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়। E-মুখে একটি ভাল্ভ V_2 থাকে। ইহা বাহিরের দিকে খোলেন অথবা ফলকে AB চোঙে উঠে। E-নলে প্রবেশ করিতে দেয় কিন্তু উল্টা দিক হইতে জল আসিলে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় (5-এ নং চিত্র)।

কার্যপ্রণালী :

সাধারণ পাম্পের মত কয়েকবার পিস্টনের উপর নীচ ওঠা-নামা করাইলে জলটি উঠিতে জল চোঙে প্রবেশ করিয়া E-মুখ পর্যন্ত আসিবে। পিস্টনের পবেব বাবেব উপর-গতিতে এই জল V_2 ভাল্ভকে খুলিয়া E-নলে প্রবেশ করিবে। বতবার পিস্টনের উপরগতি হইবে ততবারই জল E-নলে প্রবেশ করিবে এবং নল বাহিয়া জল ক্রমশ উপরে উঠিবে। পিস্টনের নিম্নগতির সময় এই জল চোঙে ফিবিয়া আসিতে চেষ্টা করিবে কিন্তু জলের চাপে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাওয়ায় জল চোঙে আসিতে পারিবে না।

এখানে লক্ষ্য করিবে যে E-নল বাহিয়া জল উপরে উঠিবার ব্যাপারে বায়ুমণ্ডলের চাপ কোন ক্রিয়া করিতেছে না। কাজেই E-কে ইচ্ছামত লম্বা করিয়া এবং V_2 ভাল্ভকে উচ্চ চাপসহ করিয়া জলকে যে-কোন উচ্চতায় পৌছানো



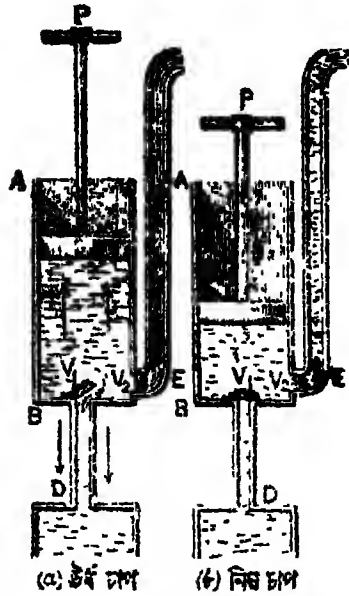
উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5-ক

হইবে। শুধু পিস্টনকে জোরের সহিত উপরের দিকে টানিয়া লইতে হইবে।
বৈদ্যুতিক উত্তোলক পাম্পে পিস্টনকে বিদ্যুৎশক্তির সাহায্যে উঠানিয়া
করানো হয়।

5-14. ফোর্স-পাম্প (Force Pump) :

আগুন নিভাইবার জন্য জোরে জল ছুঁড়িয়া দিতে এই শ্রেণীর পাম্প ব্যবহৃত
হয়। গত যুদ্ধে যে স্টিমপা পাম্প A. R. P. কার্বে ব্যবহৃত হইয়াছিল তাহা
এই ফোর্স-পাম্প।

বিবরণ : সাধারণ পাম্পের সহিত এই পাম্পের পার্থক্য এই যে E মুখটি



ফোর্স-পাম্প কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ট

চোঙের প্রায় তলদেশে অবস্থিত এবং
উল্লম্বাভিমুখী। E-মুখে একটি ভাল্ভ V_2
লাগানো আছে যাহা জলকে কেবল চোঙ
হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয়। ফোর্স
পাম্পের পিস্টনটি নিরেট (solid) এবং
ইহাতে কোন ভাল্ভ (valve) নাই
(5ট নং চিত্র)

কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনটির উল্লম্বগতি হয় তখন V_1
ভাল্ভ খুলিয়া গিয়া জলাধার হইতে জল চোঙে
প্রবেশ করে। তখন V_2 ভাল্ভ বন্ধ থাকে।
কিন্তু পিস্টনের নিম্নাভিমুখী গতিতে সময়ে

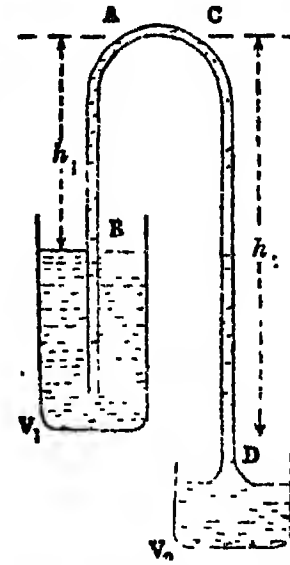
এই জল চাপ থাকিয় V_2 ভাল্ভকে খুলিয়া দেয় এবং E নল দিয়া জল বাহির
হইয়া যায়। এই সময়ে V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকে। কাজেই পিস্টনকে যদি খুব
জোরে নাচের দিকে ঠেদিয়া দেওয়া যায় তবে E মুখ দিয়া জলও খুব জোরে
বাহির হইয়া অনেক দূর পর্যন্ত যাইবে।

এখানে লক্ষ্য রাখিবে যে জলাধার হইতে চোঙে জল টানিয়া লইবার সময়ে
এই পাম্প সাধারণ পাম্পেরই মত কাজ করে। সুতরাং সাধারণ পাম্পের
সীমা সত্ত (conditions of limitations) এখানেও প্রযোজ্য। কিন্তু যে
জোরের সহিত এই জল বাহির হইবে তাহা পিস্টনের শক্তি ও পিস্টনের উপর
প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের উপর নির্ভর করে।

5-15. সাইফন (Siphon)

পাত্রকে সরাসরি না নড়াইয়া এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে তরলের স্থানান্তর বা তলানীযুক্ত তরল পদার্থ হইতে পরিষ্কার তরলকে স্থানান্তরিত করা ইত্যাদি কার্যে সাইফন ব্যবহৃত হয়।

বিবরণ ও কার্যপ্রণালী : একটি U আকারের কাচ বা ববার নলকে সাইফন হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। সাইফনে এক বাহু অপর বাহু অপেক্ষা লম্বা হওয়া প্রয়োজন। যে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে প্রথমে নলটি সেই তরলদ্বারা পূর্ণ কর। নলের খোলা মুখ দুইটি আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ছোট বাহু তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দাও এবং বড় বাহু খালি পাত্রে রাখ। আঙ্গুল সরাইয়া লইলে তরলপূর্ণ পাত্র হইতে তরল নল বাহিয়া ক্রমাগত খালি পাত্রে জমা হইবে। (5d নং চিত্র)।



সাইফনের কার্যপ্রণালী
(চিত্র ৫)

কার্যপ্রণালীর ব্যাখ্যা :

একটি অগ্রভূমিক রেখায় তরলের ভিত্তি A এবং C বিন্দুটি বিন্দু লগু।

A বিন্দুতে চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ - AB তলস্থ তরল চাপ

$$= P - h_1 d g.$$

[P = বায়ুমণ্ডলের চাপ, d = তরলের ঘনত্ব, $h_1 = V_1$ পাত্রস্থ তরল তল হইতে A বিন্দুর উচ্চতা।]

এইভাবে C বিন্দুতে চাপ = $P - h_2 d g.$

$$\text{যেহেতু } h_1 < h_2, (P - h_1 d g.) > (P - h_2 d g.)$$

অর্থাৎ A বিন্দুতে চাপ C বিন্দু অপেক্ষা বেশী। কাজেই সর্বদা তরল A বিন্দু হইতে C বিন্দুতে যাইবে এবং বড় বাহু বাহিয়া V_2 পাত্রে পড়িবে। কিন্তু যেই A বিন্দু হইতে তরল সরিয়া গেল সঙ্গে সঙ্গে বায়ুমণ্ডলের চাপে V_1 পাত্র হইতে আকৃষ্ট তরল ছোট বাহু বাহিয়া A বিন্দুতে পৌঁছাইবে। এইভাবে ক্রমাগত তরল V_1 পাত্র হইতে নল বাহিয়া V_2 পাত্রে জমা হইবে।

সাইফন ক্রিয়ার শর্ত :

(1) h_1 উচ্চতা সর্বদা h_2 উচ্চতার কম হইতে হইবে। কারণ $h_1 = h$ হইলে A বিন্দুর চাপ = C বিন্দুর চাপ হইবে এবং কোন তরল A হইতে C বিন্দুতে যাইবে না এবং সাইফন-ক্রিয়া বন্ধ হইবে।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারে তাহা অপেক্ষা h_1 কম হওয়া প্রয়োজন। কারণ A বিন্দু পর্যন্ত তরলকে পৌঁছাইয়া দেয় বায়ুমণ্ডলের চাপ। জলের বেলিতে h_1 -এর উচ্চতা 34 ফুটের কম হওয়া প্রয়োজন।

(3) বায়ুশূন্য স্থানে সাইফন-ক্রিয়া হয় না। কারণ বায়ুশূন্য স্থানে AB নলের ত্বক V_1 পাত্রে এবং CD নলের ত্বক V_2 পাত্রে পড়িয়া যাইবে এবং তাব কোন তরল নল বাহিয়া উঠিবে না। সেই হেতু সাইফন-ক্রিয়াও বন্ধ হওয়া যাইবে।

উদাহরণ :

1.02 আপেক্ষিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি তরলকে সাইফন দ্বিধাব সাহায্যে একটি বাদ্য অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাদ্যের উচ্চতা সবাপেক্ষা কমত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সম্বল থাকে ? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 30 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon a liquid (sp. gr. = 1.02) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? Atmospheric pressure = 30 inches of mercury.]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে-উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারিবে তাহাই হইবে বাদ্যের সর্বাধিক উচ্চতা। বাদ্যের উচ্চতা তদপেক্ষা বেশী হইলে বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে ঐ উচ্চতা পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দিতে পারিবে না ; কাজেই সাইফন ক্রিয়াও চালু থাকিবে না।

ধরা যাক নির্ণেয় উচ্চতা = h inches , এক্ষেত্রে h inches উচ্চ তরল-স্তম্ভের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ।

$$\text{এখন, বায়ুশুল্কের চাপ} = 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times g \text{ poundal/sq. inch.}$$

$$\text{এবং তরলের চাপ} = h \times \frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g \quad " \quad "$$

$$\therefore h \times \frac{1.02 \times 62.5}{(12)^3} \times g = 30 \times \frac{13.6 \times 62.5}{(12)^3} \times g$$

$$\text{or, } h = \frac{30 \times 13.6}{1.02} \text{ inches.}$$

$$= \frac{30 \times 13.6}{1.02 \times 12} \text{ ft.} = 33.3 \text{ ft (প্রায়)}$$

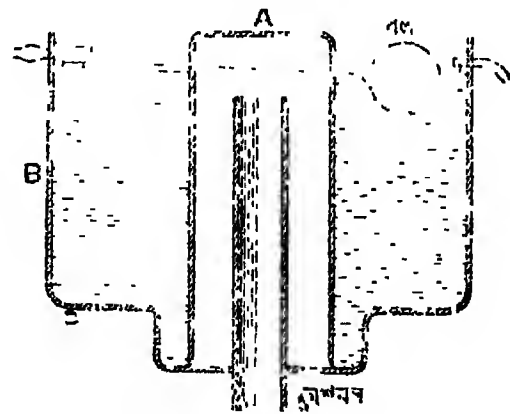
তৈবায় বায়ব সনাক্তিক উচ্চতা = 33.3 ft. (প্রায়)

সাইফনের প্রয়োগ :

স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ (Automatic flush) : কলিকাতা, বোম্বাই প্রভৃতি বড় বড় শহরে পান্যপান, প্রস্রাবাগার পরিষ্কার কবিরায় জন স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ ব্যবস্থা থাকে, তাইচোখিয়া দেখিয়া থাকিবে। একটি শিকল টানিলে প্রথমতঃ গে হন বাহিবা হওয়া পান্যপান প্রভৃতি পরিষ্কার হবে। এত স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থা সাইফনের প্রয়োগের ফলে সম্ভব হইয়াছে।

B একটি ছায়াখান [চিত্র (1) নং চিত্র] হইয়া পান্যপান বা প্রস্রাবাগারের হাদেব একটি নীচে দেওয়ালের সাহিত আট্ণানো থাকে। এই আধার হইতে একটি পাইপ বাহিবা হইয়া আনিয়াছে। ইহাকে ম্যানিফোল বলে।

A একটি ঢাকনী - একটি শিকল ইহাব সাহিত যুক্ত। এই শিকল টানিলে ঢাকনীটি উঠতে উঠে। পান্যবণ অবস্থায় ঢাকনীটি ছায়াধাবেব জলকে ফ্লাশনের মুখ পর্যন্ত উঠিতে দেখে না। যেই শিকল টানা হয় তখন ঢাকনীটি উঠতে উঠে এবং জল দ্রুতবেগে ফ্লাশনের মুখ পর্যন্ত উঠিয়া সাইফন-ক্রিয়াব ফলে



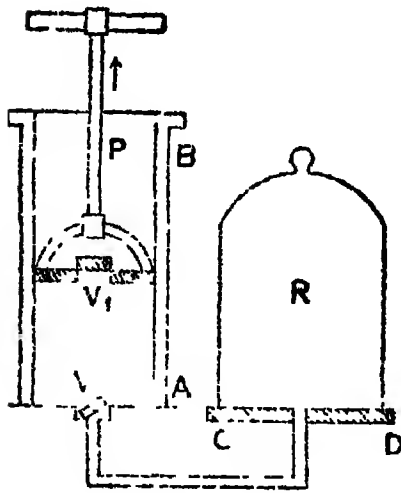
স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ

চিত্র 58 (1)

প্রথমবেগে নল বাহিবা বাহিবা হইয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত না ছায়াখান জলশূণ্য হয় ততক্ষণ জলের তোড়ে ঢাকনীটি পড়িয়া যায় না। এই টায়ে একটি লিভারদণ্ডযুক্ত বল থাকে (চিত্র দেখ)। টায়ে যত জল জমা হইতে থাকে তত বলটি উপবে ভাসিয়া উঠে এবং লিভারদণ্ডকে প্রথম শুরাইতে

ট্যাকে। লিভারদণ্ডের অপরপ্রান্তে একটি ভাল্ভ থাকে। ট্যাকে জল একটি নির্দিষ্ট লেভেলে পৌছাইলে লিভারদণ্ড কর্তৃক ঐ ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং ট্যাকে আর জল পড়ে না। পুনরায় শিকল টানিয়া ক্লাশনল দিয়া জল বাহির করিয়া দিলে বলটি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং লিভারদণ্ড পূর্বোক্ত ভাল্ভকে খুলিয়া দিবে এবং ট্যাকে জল জমিতে শুরু হইবে। এইভাবে সমগ্র ব্যবস্থাটি স্বয়ংক্রিয় ভাবে চলিতে থাকে।

5-16. বায়ু নিষ্কাশক পাম্প (The exhaust pump or the air pump):



বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের নকশা।

চিত্র 5ড

বায়ুপূর্ণ কোন বদ্ধস্থানের বায়ুকে বাহির করিয়া লইবার জন্য এই পাম্প ব্যবহৃত হয়। 1650 খ্রিষ্টাব্দে প্রাচ্য বিজ্ঞানী গেরিক এই পাম্পের উদ্ভাবন করেন।

বিবরণঃ 5ড নং চিত্রে এই পাম্পের ভবি দেখানো হইল। AB একটি দাতব চোঙ। ইহার মধ্য দিয়া একটি পিস্টন P বায়ুনিরুদ্ধভাবে উঠলে বা নীচে যাতায়াত করিতে পারে। CD একটি গোল প্লেট।

ইহাকে পাম্পের বোরাবী (disc) বলে।

ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। AB চোঙের নীচে একটি ছিদ্রের দ্বারা বেকাবীর এই ছিদ্র একটি বাক্সের নলদ্বারা যুক্ত। বেকাবীর উপর একটি কচ-পাত্র (R) রাখা আছে। ইহাকে পাম্পের Receiver বলে। এই পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু পাম্প দ্বারা নিষ্কাশন করিতে হইবে। বাচপাত্র ও বেকাবীর জোড়ের মুখ ভেন্ট্রল দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ করা হয়। AB চোঙের ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ V_2 এবং পিস্টনের একটি ভাল্ভ V_1 আছে। উভয় ভাল্ভই উপরের দিকে খুলিতে পারে অর্থাৎ, বায়ু উপরের দিকে যাইতে পারে কিন্তু উপর হইতে নীচে আসিতে পারে না।

কার্যপ্রণালীঃ

যখন পিস্টনকে চোঙের সর্বনিম্ন অবস্থানে হইতে আস্তে আস্তে টানিয়া উঠে তখন পিস্টনের নীচে আংশিক বায়ুশূন্য স্থান সৃষ্টি হয় এবং ঐ স্থানের চাপ বায়ুগুণের চাপ অপেক্ষা অনেক কম হইয়া পড়ে। ফলে

R-পাত্রের বায়ু (বাহ্যার চাপ বায়ুগুলের চাপের সমান) V_2 -ভাল্ভকে খুলিয়া AB চোঙে প্রবেশ করে। বায়ুর এইরূপ প্রবেশ চলিতে থাকিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না পিস্টন চোঙের সর্বোচ্চ স্থানে পৌঁছাইবে। এই সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকিবে কারণ পিস্টনের উপরেব বায়ু ঐ ভাল্ভের উপর বেশী নিম্নমুখী চাপ প্রয়োগ করিবে। সুতরাং পিস্টনের উল্লম্বগতিতে R-পাত্রের বায়ু আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া সমস্ত চোঙ অধিকার কবে।

যখন পিস্টনকে নীচুতে নামানো হইবে তখন চোঙের বায়ু ক্রমশ চাপ খাইবে এবং যখন বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পাইয়া বাহ্যিক বায়ুগুলের চাপকে ছাড়িয়া যাইবে তখন V_1 ভাল্ভ খুলিয়া যাইবে এবং ছিট দিয়া চোঙের বায়ু গতিব হইয়া যাইবে। V_2 ভাল্ভের উপর তোর নিম্নচাপ পড়ায় এই সময় V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যাইবে। সুতরাং পিস্টনের নিম্নগতিতে AB চোঙে অবস্থিত বায়ু নিষ্কাশিত হইবে।

এইভাবে পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচ করিলে R-পাত্রের বায়ু ক্রমশ হ্রাস হইয়া যাইবে এবং অবশেষে উহা প্রায় বায়ুশূন্য হইবে।

এখানে একটা কথা মনে রাখিতে হইবে যে এই পাম্প দ্বারা R-পাত্র সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য করা যায় না। কারণ V_2 ভাল্ভের কিছু গুহন আছে। উহাকে তৈলিয়া গুলিবার জন্য কিছু ন্যূনতম বলের প্রয়োজন। ক্রমশ বায়ু নিষ্কাশিত হইয়া অবশেষে সামান্য একটি বায়ু R-পাত্রের থাকিবে যায যাহা V_2 ভাল্ভকে গুলিবার জন্য ন্যূনতম বলপ্রয়োগ করিতে পারে না।

[নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণয় (Calculation of the degree of exhaustion) :

নিষ্কাশক পাম্পের পিস্টনটি ক্রমাগত চালাইলে R-পাত্রটি ধীরে ধীরে বায়ুশূন্য হইবে। পিস্টনের '১' বাব সম্পূর্ণ গতিব, একবার উল্লম্বগতি ও একবার নিম্নগতি— এই দুইটি লইয়া একটি সম্পূর্ণ গতিব ধরা হয়। ফলে R-পাত্রের বায়ু থাকিবে উহাঃ পদত্ব বা চাপের দ্বারা নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণীত হয়। এই পদত্ব বা চাপ নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

ধনে ধর, A' হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন = V

R পাত্র এবং রবার নলের যুক্ত আয়তন = V'

R পাত্রের বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব = 1)

" " " " চাপ = P

যখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্তে হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে যায় তখন R-পাত্র ও রবার নলে যে V আয়তনের বায়ু আছে তাহা প্রসারিত হইয়া চোঙ অধিকার করে এবং উহার আয়তন হয় $(V + v)$ । এই প্রসারণের ফলে বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ কমিয়া যায়। যদি ঘনত্ব ও চাপ যথাক্রমে D_1 এবং P_1 হয়, তবে যেহেতু বায়ুর ভর একই আছে সেই হেতু লেখা যাইতে পারে,

$$VD = (V + v) D_1$$

$$\text{or, } D_1 = \left(\frac{V}{V + v} \right) D \quad \dots (1)$$

আবার, বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$P.V = P_1(V + v)$$

$$\text{or, } P_1 = \left(\frac{V}{V + v} \right) P \quad \dots (2)$$

এখন পিস্টন 1-প্রান্ত হইতে 2-প্রান্তের দিকে আশির্গত হইলে বায়ু বাহির হইয়া যাইবে এবং R-পাত্র ও রবার নলে D_2 ঘনত্ব ও P_2 চাপের বায়ু থাকিবে। পিস্টনের পুনরতীর্ণ গতিতে এই বায়ুর পুনরায় প্রসারণ হইবে এবং $(V + v)$ আয়তন অধিকার করিবে। ফলে ইহার ঘনত্ব ও চাপ আরও কমিয়া যাইবে। যদি উহার যথাক্রমে D_2 এবং P_2 হয়, তবে পূর্বের ত্রাশ লেখা যাইবে যে

$$VD_1 = (V + v) D_2$$

$$\text{or, } D_2 = \left(\frac{V}{V + v} \right) D_1 = \left(\frac{V}{V + v} \right)^2 \cdot D \quad (i) \text{ সমীকরণ হইতে }]$$

$$\text{এবং } P_1 V = P_2 (V + v)$$

$$\text{or, } P_2 = \left(\frac{V}{V + v} \right) P_1 = \left(\frac{V}{V + v} \right)^2 \cdot P \quad (ii) \text{ সমীকরণ হইতে }]$$

এভাবে পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির পর যে-বায়ু R-পাত্র অধিকার করিয়া যাইবে উহার ঘনত্ব এবং চাপ যথাক্রমে D_n এবং P_n হইলে—

$$D_n = \left(\frac{V}{V + v} \right)^n \cdot D$$

$$\text{এবং } P_n = \left(\frac{V}{V + v} \right)^n \cdot P$$

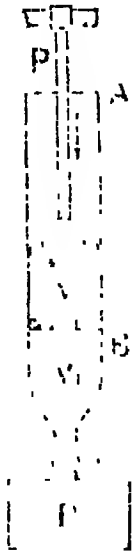
উপরোক্ত সমীকরণ দুইটি হইতে সহজে বোঝা যায় যে $\left(\frac{V}{V + v} \right)$ -এর মান কখনও শূন্য (zero) হইতে পারেনা—অর্থাৎ D_n বা P_n -এর মান কখনও শূন্য হইবে না। ইহার ওঁ এই যে পিস্টনকে অসংখ্য বার উঠা-নামা করাইলেও R-পাত্র কখনও সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে না।]

5-17. বায়ু-সংকমন পাম্প (Air condensing or compression pump) :

এই পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থান বায়ুপূর্ণ করা যায়। সুতরাং এই পাম্পের উদ্দেশ্য এবং নিষ্কাশক পাম্পের উদ্দেশ্য ঠিক বিপরীত।

বিবরণ : এই পাম্পের গঠন ঠিক নিষ্কাশক পাম্পেরই মত, শুধু ভাল্ভ দুইটি বিপরীত দিকে থোলে অর্থাৎ বায়ুকে receiver পাত্রে ঝাঁক দেয় কিন্তু receiver পাত্র হইতে বাহির হইতে ঝাঁক দেয় না।

কার্যপ্রণালী : ১৫ নং চিত্রে এই পাম্পের নকশা দেখানো হইল। যখন P পিস্টনটি B হইতে A অভিমুখে যায় তখন V_2 ভাল্ভ খুলিয়া যায়, কারণ, চোঙের বায়ুচাপ অপেক্ষা বায়ুমণ্ডলের চাপ অধিক। ফলে বাহির হইতে বায়ু পিস্টনের ভিত্র দিয়া চোঙে প্রবেশ করে এবং AB চোঙ বায়ুপূর্ণ হয়। এর সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্ভ বন্ধ থাকে। এই বায়ু P পিস্টনের নীচে দিকে চালাইলে চোঙের বায়ু সংকমিত হয় এবং উহার চাপ বৃদ্ধি পায়, ফলে V_2 ভাল্ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং V_1 ভাল্ভ খুলিয়া যায়। বায়ু খোলার রে R-পাত্রে প্রবেশ করে (১৫ নং চিত্র)। R-পাত্রটিতে একটি বদল নলের দ্বারা পাম্পের সর্পি ও যুক্ত করা হয়।



বায়ু সংকমন পাম্পের নকশা

চিত্র ১৫

এই পাম্প পিস্টনের 'ক্রমাগত উপবর্তন' এর দ্বারা R-পাত্র দাঁবে দাঁবে বায়ুচাপ হইবে। যখন R-পাত্র হইতে বায়ু সংকমিত হয় তখন একটি চাবির সাহায্যে উহার মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে পাম্প হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

সাইকেলের চাকায় হাওয়া ভর্তি করিবার পাম্প, দুটরন পাম্প, টোভেন পাম্প ইত্যাদি বায়ু-সংকমন পাম্পের দৃষ্টান্ত।

[সংকমনের মাত্রা নির্ণয় (Calculation of the degree of compression) :

এহলেও পিস্টনের '১০' বার সম্পূর্ণ গতিব ফলে R-পাত্রে যে বায়ু জমা হয় উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা সংকমনের মাত্রা নির্ণীত হয়। ইহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়। পূর্বের মত মনে কর,

A হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন = v

R-পাশে এবং রবার নলের মুক্ত " = V

R-পাশে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব = D

" " " " " চাপ = P

'R'-পাশের বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব ও চাপ বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব ও চাপের সমান ধরা হইতে পারে, কারণ R-পাশে সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডল দ্বারা অধিকৃত থাকে। এখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে গেলে বাহির হইতে বায়ু চোঙ অধিকার কবে। ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে v এবং D , সুতরাং ইহার ভর = $v.D$ । পিস্টনের নিম্নগতির ফলে এই বায়ু R-পাশে ঢুকিয়া পড়িবে এবং উহার আয়তন হইবে V ; R-পাশের প্রাথমিক বায়ুর ভর = $V.D$ । সুতরাং পিস্টনের একবার পূর্ণ গতির পর R-পাশে জমা বায়ুর ভর = $v.D + V.D$

সুতরাং পিস্টনের ' n ' বার পূর্ণগতির পর R-পাশে যে বায়ু জমা হইবে উহা ন মোট ভর = $n.v.D + V.D$ । কিন্তু ইহার আয়তন V ; কাজেই এই অবস্থায় বায়ুর ঘনত্ব D_n দরিলে, লেখা গাইতে পাবে যে,

$$\begin{aligned} P_n.V &= n.v.D + V.D \\ &= (nv + V) D \\ \therefore D_n &= \left(\frac{nv + V}{V} \right) D \\ &= \left(1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) D \end{aligned}$$

যেহেতু চাপ ও ঘনত্ব সমানুপাতিক কাজেই R-পাশের বায়ুর চূড়ান্ত (final) চাপ P_n হইলে আমরা সদাসরি লিখিতে পারি

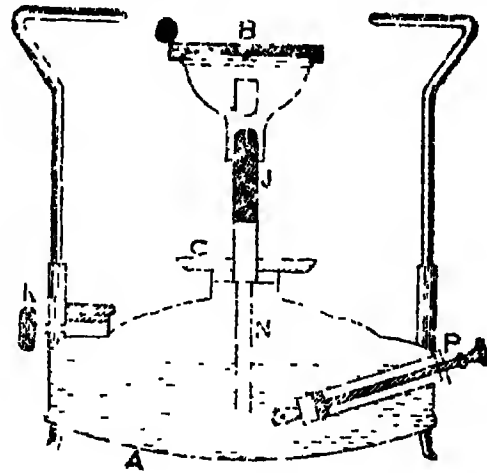
$$P_n = \left(1 + n \cdot \frac{v}{V} \right) P$$

5-18. বায়ু সংনমন পাম্পের প্রয়োগ :

(i) প্রাইমারি স্টোভ : স্টোভ একটি নিত্য-ব্যবহার্য বস্তু। প্রায় প্রত্যেক বাড়িতেই স্টোভ ব্যবহৃত হয়। স্টোভের কাষপ্রদর্শনীতে বায়ুসংনমন পাম্পের প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

স্টোভে কেবোসিন তেলের বাষ্পকে জ্বালানো হয়। A একটি তৈলাধার (5নং চিত্র)। এই আধারে পূরাপূরি তেল ভরতি করা হয় না—উপরে খানিকটা জায়গা খালি রাখা হয়। একটি বায়ু-সংনমন পাম্প P এই তৈলাধারের সহিত যুক্ত। K একটি বায়ুনিরুদ্ধ চাবি। এই চাবি বন্ধ

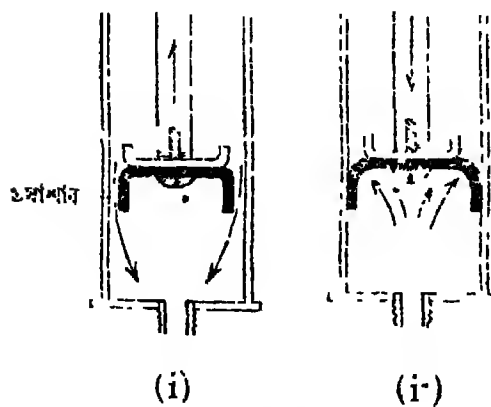
করিয়া দিলে আধারের ভিতরকার বায়ু আবদ্ধ থাকে। এই অবস্থায় পাম্প চালাইলে বর্ধিত বায়ু-চাপের ফলে তেল N-নল বাহিয়া উপরে উঠে এবং একটি সরু মুখ নল J-র নিকট উপস্থিত হয়। এই নলের ভিতর একটি তারের জাল পাকানো (coiled) অবস্থায় রাখা থাকে। তেল এইখানে পৌঁছবার পূর্বে যদি তারের জালকে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে তেল উত্তপ্ত তারের জালেব ভিতর দিয়া যাইবার সময় বাষ্পে পরিণত হয়। এই সত্ত্ব পাম্প চালাইবার পূর্বে Cপাত্রে রাখা খানিকটা স্পিবিটে অগ্নিসংযোগ করিয়া তাবের জালকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত বাষ্প অগ্নিপে একটি বানার B-এ পৌঁছিয়া জ্বলিতে থাকে। স্টোভ নিভানো হইলে K-চাবিটি খুলিয়া দিতে হয়। কহাতে তৈলাধারের ভিতরকার বায়ু চাপ কমিয়া যায় এবং N-নল বাহিয়া তেল আর উপরে উঠে না। স্টোভ আন্দোলিত করিয়া যায়।



প্রাইমারি পাম্প

চিত্র 5৭

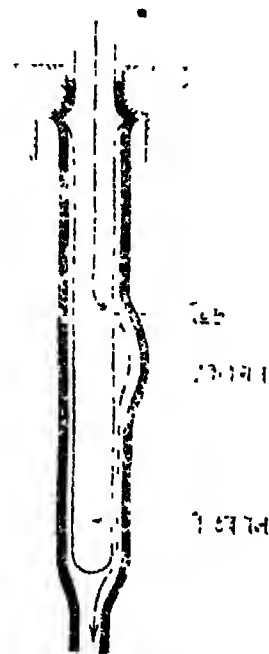
(ii) নাইসাইকেল পাম্প : সাইকেলের চাকায় হাওয়া ভর্তি করিবার পাম্প বায়ু সংগ্রহণ পাম্পের একটি উদাহরণ। এত পাম্পের পিস্টনের সচিহ্ন বাটির মতন দেখিতে চানচান একটি 'ওয়াশাব' থাকে। ইহা পিস্টনের



(i)

(ii)

চিত্র 5৮



ওয়াশাব

পিস্টন

ওয়াশাব

ভালভেব কাজ করে। যখন পিস্টনের উর্ধ্বগতি হয়

ওয়াশাব এবং

পাম্পের দেওয়ালের ভিতরকার ফাঁক দিয়া বায়ু পাম্পের ভিতর প্রবেশ করে [চিত্র 5থ (i)]। যখন পিস্টনের নিম্নগতি হয় তখন ঐ বায়ু পিস্ট হয় এবং ওয়াশারকে পাম্পের দেওয়ালের গায়ে চাপিয়া ধরে [চিত্র 5থ (ii)]। ফলে, ফাঁক বন্ধ হইয়া বায়ু এবং বায়ু বাহিব হইতে না পারিয়া ক্রমাগত চাপ খাইতে থাকে। যখন বায়ু-চাপ খুব বৃদ্ধি পায় তখন ঐ বায়ু টিউবেব ভালভকে খুলিয়া ফেলে। ইহা একটি খুব সরু দাঁতব নল এবং ইহাব গায়ে একটি ছিদ্র আছে। একটি রাবার নিমিত নল দ্বারা ইহা আবৃত (চিত্র 5দ)। এই ব্যবস্থায় ফলে বায়ু শুষ্ক একদিকেই বাইতে পাবে।

উদাহরণ :

একটি বাইসাইকেল পাম্প দ্বারা সাইকেলের টায়ারে তাড়াতাড়ি ভর্তি করিতে হইবে। টায়ারটির আয়তন 2 litres, যদি পাম্পটির প্রস্থচ্ছেদ 5 sq cm. হয় এবং পিস্টনের প্রতি স্ট্রোকের দৈর্ঘ্য 20 cm. হয় তবে 40 স্ট্রোকের পর টায়ারেব আভ্যন্তরীণ বায়ুচাপ কত হইবে? টায়ারেব প্রাথমিক বায়ু চাপ ছিল 75 cm. পারদের চাপ।

[Air is compressed into the tyre of a cycle of volume 2 litres by means of a bicycle pump. If the cross-section of the pump is 5 sq cm. and the length of each stroke of the piston is 20 cm, what is the pressure inside the tyre after 40 strokes of the pump? The original pressure in the tyre was equal to 75 cm. of mercury.]

$$\text{উ। প্রাপ্ত জ্ঞান, } P_n = \left(1 + n \frac{v}{V}\right) P$$

এক্ষেত্রে, P = প্রাথমিক বায়ুচাপ = 75 cm. পারদের চাপ

n = স্ট্রোক সংখ্যা = 40

v = পাম্পের আয়তন = 5×20 cc.

V = টায়ারেব আয়তন = 2 litres = 2000 cc.

$$\text{সুতরাং, } P_n = \left(1 + 40 \times \frac{5 \times 20}{2000}\right) \times 75 \text{ cm. of mercury}$$

$$= (1 + 2) \times 75 \text{ cm. of mercury}$$

$$= 225 \text{ cm. of mercury}$$

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলের চাপ :—পৃথিবীকে ঘিরিয়া যে বায়ুমণ্ডল আছে তাহা পৃথিবীর উপর যে চাপ প্রদান করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে। প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14.7 পাউন্ড। ম্যাগডেবার্গ অধঃগোলক পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ সুন্দরভাবে দেখানো যায়।

টরিসেলিভ পরীক্ষা :—এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপ করা যায়। একটি এক মর্টার লম্বা এবং এর মুখ বন্ধ কাচের নল পানদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপাত্রে উপুড় করিয়া নলেব খোলা মুখ পারদে ডুপাইয়া রাখিলে নলে যে পারদ স্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহা বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন। সমুদ্র-স্তরে শুষ্ক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা ৭৬ সেন্টিমিটার।

বাবোমিটার :—বায়ুচাপমাপক যন্ত্রকে বাবোমিটার বলে। Fortin's বাবোমিটার দ্বারা সাধারণত পরীক্ষাগারে বায়ুচাপ মাপা হয়। টরিসেলিভ পরীক্ষায় যে পানদ্বারা করা হয় তাহানই কিছু পরিবর্তন করিলে Fortin's বাবোমিটার তৈরী করা হয়। বাবোমিটার পাঠ দ্বারা আবহাওয়ার পূর্বাভাস মোটামুটি জানা যায়। বাবোমিটারে পানদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমশঃ কমিলে ঝড়ের সম্ভাবনা ও আন্তে আন্তে কমিলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। পানদ-স্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িলে শুষ্ক আবহাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

বয়েনের যন্ত্র :—তৎপমাত্রা স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত বস্তুসংঘাতে পরিবর্তিত হয়।

বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র :—এই যন্ত্রগুলির নীতি এক : কোন একটি আবদ্ধ স্থানে বায়ুচাপ কমাইয়া বা বৃদ্ধিরেব বায়ুমণ্ডলের চাপ দ্বারা সেই স্থানে তরঙ্গ চুকাইয়া দেওয়াই হইতেছে এই যন্ত্রগুলির মোটামুটি নীতি।

(1) পিচ্কারী, (2) সাধারণ বা শোষণ পাম্প, (3) উত্তোলক পাম্প (4) ফোস'পাম্প, (5) সাইফন, (6) বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প, (7) বায়ু-সংকমন পাম্প—এইগুলিই বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র।

প্রশ্নাবলী

1. বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে—তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও। বায়ুমণ্ডলের চাপের সহিত তরলের চাপের কি-সাদৃশ্য আছে?

[Prove by means of experiments that atmosphere exerts pressure. What analogy has the atmospheric pressure with liquid pressure ?]

২. টরিসেলির পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ কিরূপে মাপা যায় ?

[Describe Torricelli's experiment. How can the atmospheric pressure be measured by this experiment ?]

৪. টরিসেলির শূন্যস্থান কাকে বলে ? উহা কি সত্য সত্যই শূন্য ?

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটিবে তাহা কাবধনত বর্ণনা কর :—(a) একটি 50 inches দীর্ঘ একমুখ বঙ্গ কাচ-নল পানদপূর্ণ করিয়া অথবা একটি পানদপূর্ণ নালে খোলামুখ ঢুকুইয়া ঝাড়া করিয়া রাখিলে, (b) নলটি আস্তে আস্তে কাত করিলে, (c) ঐ নলটি বদলে একটি মোটা নল লইলে।

[What is Torricelli's vacuum ? Is it, strictly speaking, a vacuum ?]

State giving reasons, what happens in the following cases :—(a) A glass tube 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury, (b) the tube is inclined to the vertical, (c) the tube is replaced by another tube with a wider bore.] [H. S. Exam 1961]

৪. 'বায়ুমণ্ডল প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 15 পাউণ্ড চাপ প্রদান করে'—এই বাক্যটি যথার্থে গা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

['Atmosphere exerts a pressure of about 15 lbs. per square inch'—explain the statement carefully.]

৫. ফোর্টিনের বারোমিটার কাকে বলে ? Fortin's বারোমিটারের বর্ণনা ও ব্যবহারগোলা বুঝাইয়া দাও। জল বারোমিটারের উচ্চতা 82 ft. হইলে গ্লিসেরিন বারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে ? গ্লিসেরিনের আপেক্ষিক সঙ্গত্ব = 1.25

[What is a barometer ? Describe a Fortin's barometer and explain its action. Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 82 ft. (Sp. gravity of glycerine = 1.25)]

[H. S. Exam. 1962, '64] [Ans. 26.6 ft]

৬. Aneroid বারোমিটার বর্ণনা কর। উহা কি সুবিধা কি ? উহা কি দ্বারা উচ্চতা মাপা যায় ?

[Describe an Aneroid barometer. What is its advantage ? Can it be used to ascertain altitude ?]

৭. কোনও স্থানের বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 mm পানদস্ত্র সমান—ইহা বলিতে কি বুঝায় ? এই চাপের বিমাণ সি. জি. এস. পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। ঐ স্থানে $g = 980$ সি. জি. এস. একক এবং পানদেব ঘনত্ব = 18.6 gms/c.c.

[Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm of mercury. Calculate its value in the C. G. S. units at a place where $g = 980$ C. G. S. units, the density of mercury being 18.6 gms./c.c.] [H. S. Exam. 1961]

৪. বায়োমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস কিরূপে জানা যায়? পারদ বায়োমিটার ও জল বায়োমিটারের সুবিধা অসুবিধা উল্লেখ কর।

[How can weather-forecasting be done by a barometer? Mention the advantages and the disadvantages of a mercury barometer and a water barometer.]

৯. বয়েলের সূত্র কি? ইহাৎ সত্যতা কিরূপে নিদর্শন করা যায়? বায়োমিটার না থাকিলে বয়েলের সূত্র পৰ্য্যায়ের সত্য প্রমাণ বায়োমিটার উচ্চতা নির্ণয় করা যায় কি?

[What is Boyle's law? How can the law be verified experimentally? If a barometer were not available, how could you determine the barometric height by means of a Boyle's law apparatus?] [H. S. (comp) 1960]

১০. এখন বায়োমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ৭৫ cm. তখন পরিমাণ বায়ুর

কত হইবে?

[A quantity of air is found to occupy 250 cc. when the barometer stands at 75 cm. On the next day, the volume of the air changes to 200 c.c. What was the barometric height then?] [Ans. 72.11 cm]

১১. একটি মোটরগাড়ির টায়ার ১০০ cm. দৈর্ঘ্য ও ১০ cm. ব্যাসবৃত্ত। বায়ুমণ্ডলের চাপে কত আয়তনের বায়ুক এই টায়ারে প্রবেশ করাইলে টায়ারের বায়ুচাপ ১০ বায়ুমণ্ডলের সমান হইবে?

[The tyre of a motor-car is 100 cms in length and 10 cms. in diameter. What volume of air measured at atmospheric pressure must be pumped in to raise the pressure of the tyre to 10 atmospheres?] [Ans. 78500 c.c.]

১২. একটি মোটরগাড়ির টায়ারে এখনকার বায়ু পাম্প করিতে হইবে যাকার চাপ ২৪ lbs per sq. inch; টায়ারের আয়তন ৭০০ cubic inches হইলে বায়ুমণ্ডলের চাপে (15 lbs/sq. inch) কত আয়তনের বায়ুক টায়ারে পাম্প করিতে হইবে?

[Tyres of a motor car should be inflated until the pressure inside them is 24 lbs/sq. inch. If the capacity of the tyre is 700 cubic inches, what volume of air at atmospheric pressure, 15 lbs/sq. inches, must be pumped into it?]

[Ans. 1120 cubic inches]

১৪. একটি বায়োমিটারের উচ্চতা ৪০ inches এবং পারদস্তম্ভের উপরে বৈদ্যুতিক শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য ১ inch; বায়ুমণ্ডলের চাপে যে পরিমাণ বায়ু বায়োমিটার নলের ১ inch অধিকার করে এই পরিমাণ বায়ু বায়োমিটারে ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে?

[A barometer reads 80 inches and the space above the mercury is 1 inch. If a quantity of air which under atmospheric pressure occupies 1 inch of the tube is introduced, what will be the reading of the barometer?]

[Ans. 25 inches]

14. একটি ব্যারোমিটারের উচ্চতা 75 cm. এবং পানদস্তস্তের উপরে শূন্যস্থানের আয়তন 10 c.c., বায়ুমণ্ডলের চাপে 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারে ঢুকানো হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে? ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm.

[The height of a barometer is 75 cms. of mercury and the evacuated space over mercury surface has a volume of 10 c.c. ; 1 c.c. of air at atmospheric pressure is introduced into the evacuated space. What is the new reading of the barometer? Cross-section of the tube is 1 sq. cm.]

[Ans. 70 cms.]

15. একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত একমুখ খোলা কাচ-নলেন অর্ধেক পানদ্বারা ভর্তি করা হইল। অতঃপর নলেন খোলামুখ বন্ধ করিয়া উল্টানো হইল এবং পানদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে নলেন খোলামুখ ঢুকটিয়া ঝাড়া করিয়া রাখা হইল। নলে পানদস্তস্তের দৈর্ঘ্য দেখা গেল 1 ফুট; ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 80 ইঞ্চি হইলে কাচ-নলেন দৈর্ঘ্য কত ছিল?

[A uniform glass tube, one end closed, is half-filled with mercury and the open end being closed by a thumb is inverted and the open end is dipped into mercury kept in a reservoir. When the tube is held vertically, the height of the mercury column in the tube was found to be 1 foot. If the barometer height at that time is 80 inches, what was the length of the glass tube?]

[Ans. 6 ft]

16. জলাশয়ের কত গভীরে একটি বদনদ্রব আয়তন উপস্থিত হইলে আকাশকালীন আয়তন অপেক্ষা অর্ধেক হইবে? ঐ সময় ব্যারোমিটারে পানদস্তস্তের উচ্চতা 76 cm এবং পানদ্রব ঘনত্ব 13.6 gms./c.c.

[At what depth in a lake will a bubble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface? The height of the barometer at the time is 76 cm of mercury and density of mercury 13.6 gms/c.c.]

[Ans. 1083.6 cms.]

17. সমুদ্র h metres গভীরতায় উঠিত বদনদ্রব আয়তন দ্বিগুণ হইল। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 750 mm. এবং পানদ্রব ও সমুদ্র জলের ঘনত্ব যথাক্রমে 13.58 এবং 1.05 gms/c.c. হইলে h -এর মান নির্ণয় কর।

[The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the densities of mercury and sea-water are respectively 13.58 and 1.05 gms/c.c., calculate h .]

[H. S. Exam. '61] [Ans. 9.7 metres]

18. একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28.5 inches এবং 29.5 inches তখন একটি ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 29.5 inches এবং 80.7 inches; যখন ত্রুটিযুক্ত ব্যারোমিটারের পাঠ 29.9 inches তখন বায়ুমণ্ডলের প্রকৃত চাপ কত?

[A faulty barometer reads 28.5 inches when a true barometer reads 29.5 inches and it reads 29.5 inches when the other barometer reads 80.7 inches. Determine the correct value of the atmospheric pressure when the faulty barometer reads 29.9 inches.]

[Ans. 81.2 inches]

19. একটি সরবাসযুক্ত সরু কাচনলে 80 cm. দীর্ঘ একটি পারদ সূত্র দ্বারা কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। যখন খোলা মুখ উপরের দিকে রাখিয়া নলটিকে ঝাড়া রাখা যায় তখন বায়ু স্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 8 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া দিলে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 7 cm.; যখন নলটিকে অনুভূমিক রাখা হয় তখন উহাৰ দৈর্ঘ্য কত হইবে?

[A column of air is enclosed in a narrow glass-tube of uniform bore by a thread of mercury 80 cm. long. The air column is 8 cm. long when the tube is held vertically with its open end uppermost. On inverting the tube, the air column measures 7 cm. Find the length of the air column when the tube is kept horizontal.] [Ans. 4.2 cm.]

20. সমুদ্রজলে 226 ft. গভীরে একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 1.7 c.c. হইলে বুদবুদটি যখন ঠিক জলতলে ভাসিয়া উঠিলে তখন উহাৰ আয়তন কত হইবে। জল ব্যাবোমিটারের উচ্চতা 84 ft. এবং সমুদ্রজলের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1.08.

[The volume of an air bubble is 1.7 c.c. at a depth of 226 ft. under sea-water. Find the volume of the bubble when it rises to the surface. The height of the water barometer is 84 ft. and sp. gravity of sea-water is 1.08.] [Ans. 18.89 c.c.]

21. শোষণ পাম্প সর্বন্য কবে। এই পাম্প দ্বারা 30 ফুট উচ্চ জল তোলা যায় না—ইহা কিসে ব্যাখ্যা করা যায়। ‘প্রিমিং’ কিসে করা হয়? ইহাৰ প্রয়োজন হয় কেন?

[Describe a suction pump. Explain the reason why this pump cannot draw water to a height more than 30 ft. What is priming? Why is it necessary?]

22. উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করা। ইহাৰ বিভিন্ন অংশ চিত্র আঁকিয়া বুঝাও। এই পাম্প দ্বারা কত উচ্চ পর্যন্ত জল তোলা যায়?

[Explain the action of a lift pump. Draw a labelled diagram of the pump. Is there any limit to which water can be raised by a lift pump?]

23. বাস পাম্পের কাজ কি? ইহাৰ সঠিক শোষণ পাম্পের তথ্য কোথায়?

[What is the function of a force pump? What is its difference with a suction pump?]

24. সাইফন কি? ইহাৰ কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করা। সাইফন-কিয়ার শর্ত কি?

[What is a siphon? Explain its action. What are the conditions of its working?] [H. S. (Comp) 1960]

25. কেরোসিন তেলকে (স্প. গু. = 0.8) সাইফন কিয়ার সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা নির্ধারণ করা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সম্ভব হইবে? বায়ুশক্তির চাপ = 80 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon kerosene (sp. gr. = 0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure = 80 inches of mercury.]

[H. S. Exam. (Comp) 1960] [Ans. 42.5 ft.]

26. বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প কাকে বলে ? উহার বিবরণ ও কাৰ্য্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও । ইহার সীমাসত্তি কি ?

[What is an exhaust pump ? Describe it and explain its action. What is its limitations ?]
[H. S. (Comp.) 1961]

27. বায়ু-সংকমন পাম্পের কাৰ্য্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর । ইহার ব্যৱহাৰের কয়েকটি উদাহরণ দাও ।

[Explain the action of a compression pump. Mention some of its applications]

28. নিম্নবর্ণিত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ :—

- (ক) টিউবওয়েল যুক্ত শোষণপাম্প অনেক সময় টিকমত কাজ করে না, কিন্তু টিউব ওয়েল পাম্পে চিত্তবিন্দু জল টানিয়া নিলে পুনরায় কাজ করতে পারে কেন ?
- (খ) টিউবওয়েল পাম্প কি শোষণপাম্পের সীমাসত্তি পায় ?
- (গ) যেসব পাম্প দ্বারা কি অবিবর্তিত জল টানিয়া যায় ?
- (ঘ) সাইফন ব্যবহার কান ব্যতীত একটি স্ফটিক পাইপের ক্ষতি কি ?
- (ঙ) বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প দ্বারা কি কোন অসংকমিত বায়ু সম্পূর্ণ নিষ্কাশিত করা যায় ?

Answer the following questions :—

- (a) It is found that a suction pump fitted in a tube-well does not very often work properly ; but if some water is poured into the pump it begins to work properly. Why ?
- (b) Are the limitations of a suction pump applicable to a lift pump ?
- (c) Can a force pump force water continuously ?
- (d) What is the harm if there is a hole in any one of the arms of a siphon ?
- (e) Can an air exhaust-pump create a perfect vacuum in an enclosed space ?]

29. বাইসাইকেল পাম্প, বায়ু সংকমন পাম্প, হিসাবে বিবেচনা কর এবং বুঝাইয়া দাও । এই পাম্প চাষাণ্ডের বাটির মতন দেখিতে 'গুম্বা'বেদ' কাজ কি ?

[Explain how a bicycle pump acts as a compression pump. What is the function of the cup-shaped leather washer ?]

30 একটি বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের বিসিভাৰের ঐক্যতন চোঙ (barrel) আয়তনের ৬ গুণ । পিস্টনের কষবার সম্পূর্ণ গতিতে যলে বিসিভাৰের বায়ুর ঘনত্ব প্রাথমিক গন্যে $\frac{1}{6}$ ভাগ হইবে ?

[The volume of the receiver of an air-pump is six times that of the barrel. Find the number of strokes of the piston required to reduce the density of the air to $\frac{1}{6}$ of the original value.]
[Ans. 8]

৪১. একটি বায়ু সংকনন পাম্পের বিসিভাবেব আরতন চোঙের আরতন অপেক্ষা ২০ গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতির কলে বিসিভাবেব বায়ুর চাপ এক বায়ুমণ্ডল হইতে তিন বায়ুমণ্ডলে বর্ধিত হইবে?

[The volume of the receiver of a condensing pump is 20 times that of the barrel. Find after how many strokes of the piston the pressure of air inside the receiver will be increased from one to three atmospheres] [Ans. 40]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

A. Aiternate response type :

(i) Yes or No type :—

- (ক) পদার্থের ঘনত্ব ত্বলেব ঘনত্ব ত্বলেব মোট হইলে ৩ পদার্থ ই ৩ ৩০ ভাগনে? —
- (খ) কোন ক্ষেত্রেব ট্যাব ত্বলেব গাত কি ত্বলেব চাপ ও ক্ষেত্রেব গাত্বলেব সমান? —
- (গ) টর্মিসেলিব পদার্থ : নলটি কাত কবিলে পদার্থত্বের খাড়া উচ্চতাব (vertical height) কি পরিবর্তন হইবে? —
- (ঘ) বায়ু ও কোন বস্তুক প্রজন কবিলে উক্ত বস্তুর প্রস্তুত ওড়নের অদমান হইবে? —
- (ঙ) সাধারণ ত্বলেব এক আমবা বস্তুর প্রজন নাপি : —

(ii) True or False type :—

- (ক) কোন ত্বলেব পাম্পের ত্বলেব চাপ ত্বলেব গাত্বতা ও ত্বলেব ক্ষেত্রেব উপর নির্ভর করে; মোট ত্বলেব উপর নির্ভর করে না।
- (খ) জলকে নির্দিষ্ট মান ধবিয়া সম-আরতন ত্বলেব চাইতে কোন পদার্থ কতটা ভালা তাহা দ্বাবা পদার্থের ঘনত্ব বুঝানো হয়। —
- (গ) বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান কবিলে সক্ষম : কাংথ প্রস্তুত ওড়ন আছে। —
- (ঘ) ব্যাবোমিটাবেব উচ্চতা হঠাৎ কমিয়া গেলে বাড়েব সম্ভাবনা থাকে। —
- (ঙ) বায়ু-সংকনন পাম্প দ্বাবা কোন আবদ্ধ স্থানেব বায়ু বাহির কবিয়া লওয়া চলে। —

B. Recall type :

- (ক) এফ. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী গৌরোব একক —।
- (খ) স্ট্রীং ত্বলা দ্বাবা বস্তুর—মাপা যায়।
- (গ) ত্বলেব নিমজ্জিত বস্তুর—আপাত ভাস হয়।
- (ঘ) প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়—
- (ঙ) ত্বলেব উপরি ত্বল সর্বদা—হয়।

C. Completion type :

- (ক) কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে—(a) প্রয়োগ করিল সেই ———(a)
চাপ—(b) মাত্রায় সর্বদিকে—(c) করে এবং এই সম্ভালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের——(b)
উপর—(d) ক্রিয়া করে। ———(c)
(d)

- (খ) কোন বস্তুকে তলে—(a) বা —(b) নিমজ্জিত করিলে বস্তু —(c) আপাত—
(d) হয় এবং এই—(e) বস্তু যে-তরল স্থানচ্যুত করে তাহা—(f) সমান।
——(a) ——(b) ——(c) ——(d) ——(e) ——(f)

D. Multiple choice type :—

- (ক) সি. জি. এস. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?
উ। ফার্মিং, সেন্টিমিটার, গজ, মিটার।
(খ) নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা কি মাপা হয় ?
উ। পদার্থের ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, গুরুত্বের আপাত হ্রাস।
(গ) বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার যন্ত্র কি ?
উ। স্ট্রীং গ্যালোমিটার, ব্যাবোমিটার, ব্যাবোমিটার।
(ঘ) খুব সূক্ষ্ম তাপের ব্যাস মাপিবার উৎসাহী যন্ত্র কোনটি ?
উ। ক্রু-গেজ, থের্মোমিটার, প্রোট্রাক্টর।
(ঙ) বরফ জলে ভাসে কেন ?
উ। ঘনত্ব কম হওয়া, বরফ ও জল একই দৃষ্ট দর্শনা, জলের প্রবর্তা বেশী হওয়া।

তাপ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

তাপ ও থার্মোমিট্রি

(Heat and Thermometry)

1-1. তাপ (Heat) :

তাপ সম্বন্ধে আমাদের সকলেবই কিছু-না-কিছু ধারণা আছে। আগুন জ্বালাইলে তাপ পাই বা দিনেব বেলায় সূর্য উঠিলেই তাপ অনুভব করি, এসব কথা আমরা সকলে জানি। কোন কঠিন বস্তুর আকার ও আয়তনের মত তাপেব কোন আকার বা আয়তন না থাকায় কিংবা গন্ধ, বং প্রভৃতি দ্বারা তাপকে বুঝাবার উপায় না থাকায়, তাপকে কোন বস্তুর মাপ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তু গরম হইয়া উঠিলেই আমরা ঐ বস্তুতে তাপেব অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা ইষ্টেছে যে, বস্তু তাপ গ্রহণ করিলে গরম হইবে এবং তাপ বর্জন করিলে ঠাণ্ডা হইবে। কাজেই তাপকে আমরা এমন এক জিনিস বলিয়া ধরিয়া লইতে পারি যাহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

1-2. তাপের স্বরূপ (Nature of heat) :

কোন বস্তুতে তাপেব উদ্ভব যদি আমরা ভালভাবে লক্ষ্য করি তবে দেখিব যে উহা জগৎ কোন-না-কোন শক্তি বায়ি হইয়াছে।

কয়লা পোড়াইলে তাপেব উদ্ভব হয়। এস্থলে কয়লাতে সঞ্চিত বাসায়নিক শক্তি তাপে পরিবর্তিত হয়।

দুইটি কঠিন বস্তুকে ঘর্ষণ করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, আমরা জানি। ঘর্ষণের ফলে কিছু যান্ত্রিক শক্তি (mechanical energy) ব্যয় হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই বস্তুতে তাপেব আকারে পরিবর্তিত হয়।

বৈদ্যুতিক বাতিতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালুইলে বাতি আলো দেয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপও প্রদান করে। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তিও বিনিময়ে তাপের সৃষ্টি হইতেছে।

সুতরাং তাপ সৃষ্টি করিতে হইলে শক্তির প্রয়োজন। এই কারণে তাপকে এক প্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা হয়।

এই তাপশক্তির স্বরূপ সম্বন্ধে বহুপূর্বে দুইটি বিপরীত মতবাদ (theory) প্রচলিত হয়। একটিকে বলা হইত ক্যালোরিক মতবাদ (caloric theory) এবং অন্যটিকে বলা হইত যান্ত্রিক মতবাদ (mechanical theory)। পরে

কৃত্রিম শরীকার কলে দেখা গেল যে, দ্বিতীয় মতবাদই তাপের স্বরূপ সঠিক নির্ণয় করিতে পারে। এই মতবাদের প্রবর্তক হইলেন কাউন্ট রামফোর্ড।

কাউন্ট রামফোর্ড কামানের নল তৈয়ারী করিবার জন্য একটি বড় ধাতুখণ্ড তুরপুন (drill) দিয়া ছেঁদা করাইতেছিলেন। ছেঁদা করিবার সময় যে ছোট ছোট ধাতুর টুকরা ছিটকাইয়া আসিতেছিল, তিনি দেখিলেন সেগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত। তিনি হিসাব কাঁবয়া দেখিলেন যে, ছেঁদা করাইতে মোট যে তাপশক্তি উৎপন্ন হইতেছে তাহা ৫ পাউণ্ড বরফ গলাইতে পারে। তিনি মনে মনে প্রশ্ন করিলেন যে, এই প্রচণ্ড তাপশক্তি সৃষ্টি কি করিয়া সম্ভব হইল?

তখন তিনি স্থির করিলেন যে, ধাতুখণ্ডের ভিতর তুরপুন চালাইতে যে যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে তাহাই তাপশক্তি সৃষ্টিব কারণ। এই যান্ত্রিক শক্তি ধাতুখণ্ডের অণু-পবমাণুগুলির গতিশক্তি (kinetic energy) বৃদ্ধি করে এবং অণু-পবমাণুর এই বৃদ্ধিত গতিশক্তিই পদার্থে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। (বিস্তারিত বিবরণের জন্য পদার্থ বিজ্ঞান—দ্বিতীয় ভাগ দ্রষ্টব্য।)

কাছেই তাপকে একপ্রকার ‘গতির রূপ’ (mode of motion) বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

1-3. তাপের ফল (Effects of heat) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে নানাবিধ ফল দেখিতে পাওয়া যায়। উত্তপ্ত হইলে বস্তু প্রায় সকল প্রাকৃতিক গুণাবলীতে পরিবর্তন হয়—এবং কোন কোন ক্ষেত্রে সামান্য পরিবর্তনও দেখা যায়। তাপের নিম্নলিখিত কয়েকটি ফলাফল খুবই উল্লেখযোগ্য।

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে বস্তু গরম হইয়া পড়ে অর্থাৎ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ইহাৰ উদাহরণ আমাদের প্রায়ই চোখে পড়ে। একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া আগুনে ধরিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই জল বেশ উষ্ণ হইয়া পড়ে।

(2) অবস্থার পরিবর্তন :

তাপ প্রয়োগে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয়—অর্থাৎ, বস্তু পদার্থ তরলে অথবা তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়।

বরফের একটি টুকরা লইয়া তাপ প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, টুকরাটি গলিয়া জলে পরিণত হইল। ঐ জলকে আঁবো বেশী উত্তপ্ত করিলে জল ষ্টামে পরিণত হয়।

(3) রাসায়নিক পরিবর্তন :

অনেক ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে কয়লার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করে।

(4) দহন ও প্রাণনাশ :

তাপের দাহিকা শক্তি আছে একথা আমরা সকলেই জানি। কয়লা, তৈল, জ্বালানী প্রভৃতি তাপ-প্রয়োগে জলে ইহা আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা। অতিবিক্ত তাপ-প্রয়োগে লভাপাতা, প্রাণী, এমন কি মানুষেরও প্রাণনাশ হয়।

(5) আলোকের উৎপত্তি :

অতিবিক্ত তাপপ্রয়োগে যখন বস্তু শ্বেত-তপ্ত (white hot) হয় তখন ঐ বস্তু হইতে আলোর স্রষ্টি হয়। তা'ছাড়া দাহ্য পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলেও আলোক উৎপন্ন হয়।

'1-4. তাপমাত্রা (Temperature) :

গরম ও ঠাণ্ডা বোধ আমাদের সকলেই জানে। বনফে হাত দিলে আমাদের ঠাণ্ডা বোধ হয় কিন্তু উত্তপ্ত লোহাব টুকরায় হাত দিলে গরম বোধ হয়। কোন বস্তু ঠাণ্ডা কি গরম এই অনুভূতিকে আমরা মোড়া কথায় বস্তুর তাপমাত্রা বলিতে পারি। যে বস্তুতে হাত দিলে গরম লাগে তাহার তাপমাত্রা বেশী বলা হয় আর যে বস্তু ঠাণ্ডা লাগে মনে করি তাহার তাপমাত্রা কম বলা হয়।

কিন্তু তাই বলিয়া তাপ বেশী হইলেই যে তাপমাত্রা বাড়িবে তাহার কোন অর্থ নাই। যেমন, একটি দেশলাইয়ের জ্বলন্ত কাঠি ও এক গামলা ফুটন্ত জলের কথা ধরা যাউক। দেশলাই কাঠির তাপমাত্রা গামলার ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা অপেক্ষা অনেক বেশী কিন্তু দেশলাই কাঠির মোট তাপ গামলার জলের মোট তাপ অপেক্ষা অনেক কম।

তাপ-বিজ্ঞানে 'তাপমাত্রা' কথাটি এতই প্রয়োজনীয় যে ইহার নিগূহিত আলোচনা প্রয়োজন।

একটি উত্তপ্ত লোহাব বলকে যদি এক বালতি ঠাণ্ডা জলে ছাড়িয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় যে লোহার বলটি আশে আশে ঠাণ্ডা হইতেছে এবং জল আশে আশে গরম হইতেছে। এরূপ কখনও দেখা যায় না যে উত্তপ্ত বলটি

আমরা উত্তপ্ত হইতেছে এবং ঠাণ্ডা জল আরো ঠাণ্ডা হইতেছে। ইহার কারণ এই যে গোড়াতে উত্তপ্ত বলটির তাপমাত্রা ঠাণ্ডা জল অপেক্ষা বেশী হওয়ায়, উত্তপ্ত বল ঠাণ্ডা জলকে তাপ প্রদান করিয়াছে এবং জলের তাপমাত্রা কম থাকাতে জল সেই তাপ গ্রহণ করিয়াছে। কাজেই তাপমাত্রা কোন বস্তুর এমন এক তাপীয় (thermal) অবস্থা যাহা হইতে আমরা বুঝি যে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরলের তলের (level) সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে। খানবা জানি যে উচ্চতল হইতে জল সর্বদা নিম্নতলে প্রবাহিত হয়। উটাদিকে কখনও প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ, তলদ্বারা আমবা বুঝিতে পারি যে জলপ্রবাহ কোন্ দিকে যাইবে। তাপমাত্রাও তেমনি বুঝিয়া দেয় কোন্ বস্তু হইতে কোন্ বস্তুতে তাপের প্রবাহ হইবে।

যখন A বস্তু B বস্তুকে তাপ প্রদান করে তখন বলা হয় A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী এবং উন্ট প্রবাহ হইলে বলা হয় B বস্তুর তাপমাত্রা A বস্তু হইতে বেশী।

1-5. তাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য :

(1) তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপমাত্রা বস্তুর এক তাপীয় (thermal) অবস্থা।

(2) যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ করে, তখনই উহার তাপমাত্রা বাড়ে এবং যখন তাপ ছাড়িয়া দেয় তখনই উহার তাপমাত্রা কমে। অর্থাৎ, তাপকে কারণ (cause) বলা যায় এবং তাপমাত্রা হইল উহার ফল (effect)।

(3) কিছু পরিমাণ জলের সহিত ইহার তলের (level) যে তফাৎ তাপের সহিত তাপমাত্রারও সেই তফাৎ।

(4) দুই বস্তুর এক তাপমাত্রা হইলেই উহাদের যে সম-পরিমাণ তাপ থাকিবে তাহার কোন অর্থ নাই। আবার দুই বস্তুর সম-পরিমাণ তাপ থাকিলেই উহাদের তাপমাত্রা এক হইবে তাহাবও কোন অর্থ নাই।

1-6. তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার :

কোন বস্তু উত্তপ্ত কি ঠাণ্ডা তাহা আমরা স্পর্শ করিয়া বুঝিতে পারি। কিন্তু স্পর্শাভূতিব বিচার সর্বদা অশ্রান্ত বা সূক্ষ্ম হয় না। যেমন, শীতপ্রধান দেশের

লোক আমাদের দেশে আসিলে খুব বেশী গরম বোধ করিবে কিন্তু আমরা এ-দেশে থাকিতে অভ্যস্ত বলিয়া তত গরম বোধ করি না। আবার আমরা শীতের দেশে গেলে খুব ঠাণ্ডা বোধ করিব।

এক বালতি গরম জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া ঠাণ্ডা জলে হাত ডুবাও। জল খুব বেশী ঠাণ্ডা লাগিবে। তেমনি ঠাণ্ডা জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া গরম জলে ডুবাইলে জল খুব গরম লাগিবে।

কাজেই অহুভূতির বিচার নিতুল নয়। তাছাড়া তাপমাত্রার সূক্ষ্ম পরিমাপ স্পর্শ দ্বারা হইতে পারে না। এজন্য যন্ত্রের প্রয়োজন।

যে-যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর তাপমাত্রা মাপা যায় তাকে তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার বলে।

কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থেই নানাবিধ প্রাকৃতিক গুণাবলী অবলম্বন করিয়া নানা ধরনের থার্মোমিটার নির্মিত হইয়াছে যেমন :—

(1) তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন হয়। তরলের এই গুণটি প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সাধারণত যে সমস্ত থার্মোমিটার ব্যবহৃত হয় তাহা তৈয়ারী হইয়াছে। পারদ থার্মোমিটার, অ্যালকোহল থার্মোমিটার ইত্যাদি এই জাতীয় তাপমাত্রামাপক যন্ত্র।

(2) কোন গ্যাসের চাপ ঠিক রাখিলে উহার আয়তন তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। আবার আয়তন ঠিক রাখিলে গ্যাসের চাপ তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। গ্যাসের এই ধর্মকে ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন ধরনের গ্যাস থার্মোমিটারেব উদ্ভব হইয়াছে।

(3) কোন তড়িৎ-পরিবাহীর (conductor) রোধ (resistance) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে বোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমিলে রোধও কমে। প্লাটিনাম নামক মৌলের এই ধর্ম খুবই নিয়মাক্ত (regular) প্লাটিনামেব এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া প্লাটিনাম রেজিস্ট্যান্স থার্মোমিটার (Platinum resistance thermometer) নামে একপ্রকার থার্মোমিটারের সৃষ্টি হইয়াছে।

(4) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর তারের দুই প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া প্রান্ত দুইটিতে বিভিন্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করিলে তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল করে। ইহাকে থার্মোকপল (thermo-couple) বলে। এই থার্মোকপল দ্বারাও তাপমাত্রার পরিমাপ সম্ভব।

১. পারদ থার্মোমিটার (Mercury-in-glass thermometer):

যে থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহৃত হয় তাহাকে পারদ থার্মোমিটার বলে। এই ধরনের থার্মোমিটারের ব্যবহার খুব বেশী দেখা যায়। থার্মোমিটারে অত্যন্ত তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহারের কতগুলি সুবিধা আছে।
যথা:—

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তনে পারদের আয়তনের পরিবর্তন খুব নিয়মানুগ (regular) এবং ইহা তাপমাত্রার অনেক দূর-পাল্লা (wide range) পর্যন্ত প্রসারিত।

(2) কোন বস্তুর তাপমাত্রা লাভ করিতে পারদ ঐ বস্তু হইতে অত্যন্ত তরলের তুলনায় খুব কম তাপ গ্রহণ করে। ফলে বস্তুর নিজের তাপমাত্রার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না অথচ থার্মোমিটার বস্তুর তাপমাত্রা দেখাইয়া দেয়।

(3) নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ভেদে পারদের আয়তন বৃদ্ধি অত্যন্ত তরল অপেক্ষা বেশী। সুতরাং পারদ-থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব সূক্ষ্মভাবে মাপা যায়।

(4) পারদ প্রায় 350° সেন্টিগ্রেডে ব্লু হয় এবং -39° সেন্টিগ্রেডে জমিয়া যায়। সুতরাং এত দীর্ঘ পাল্লায় পারদ তরল থাকে এবং ইহাও ভিতর যে-কোন তাপমাত্রা মাপিতে পাওয়া যায়।

(5) পারদ সহজেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(6) বিশুদ্ধ পারদ কাচ ভিজায় না। সুতরাং কাচ নলের গায়ে পারদ আটকাইয়া থাকিবে না।

(7) পারদ অঙ্গুষ্ঠ ও চক্চকে বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া ইহাকে স্পষ্ট দেখা যায়।

✓ পারদ থার্মোমিটারের বিবরণ:

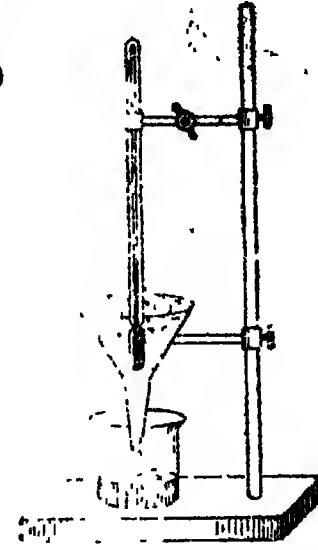
পারদ থার্মোমিটার
চিত্র 1ক

1ক নং চিত্রে পরীক্ষাগারে বহুল ব্যবহৃত একটি পারদ থার্মোমিটারের চিত্র দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি সর্বত্র সমান ব্যাসের সূক্ষ্ম রক্তবিশিষ্ট লব্ধ কাচের নল। রক্তের একপ্রান্তে চোঙাকৃতি একটি কুণ্ড আছে এবং অপর প্রান্ত বন্ধ। কুণ্ড এবং রক্তের পানিকণা অংশ পারদপূর্ণ। কাচনলের গায়ে তাপমাত্রার স্কেল অঙ্কিত। যে বস্তুর



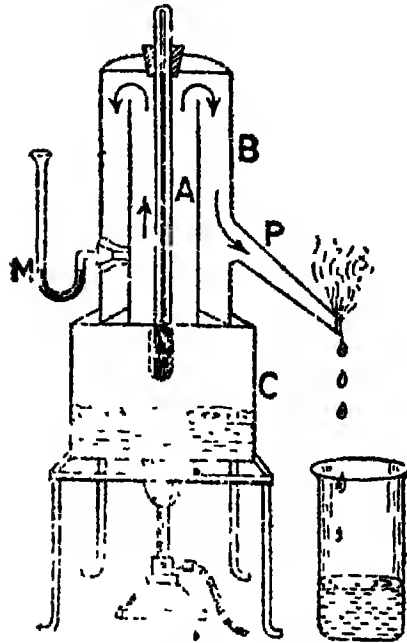
বায়ুগুলের স্ফটিক তাপে বিতরক জল যে-তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে তাহাকে উর্ধ্বস্থিরাক (upper fixed point) বা ফুটনাঙ্ক (boiling point or steam point) বলে।

নিম্নস্থিরাক নির্ণয় করিতে গেলে 1গ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি কানোলে পরিষ্কার বরফের গুঁড়া লইয়া থার্মো-মিটারের কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ বরফে ডুবাইয়া দাও। বরফের সংস্পর্শে কুণ্ড যত ঠাণ্ডা হইবে পানদ বন্ধ দিয়া তত নামিয়া আসিবে। পবে যখন কুণ্ড বাকের তাপমাত্রা পাইবে তখন পানদ স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। সেই জায়গায় নলের গায়ে একটি দাগ কাটিয়া দাও। উক্ত কনোমিটারকে বায়ুমিটার বলে।



নিম্নস্থিরাক নির্ণয় ব্যবস্থা
চিত্র 1গ

উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় করিতে হইলে 1ঘ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। এখানে বায়োমিটারকে হিপসোমিটার



উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় ব্যবস্থা
চিত্র 1ঘ

চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ এক হইবে।

(Hypsometer) নামক যন্ত্রের ভিতরে চুকাইয়া দিতে হইবে। এই যন্ত্রে C একটি তাম্র পাত্র। এই পাত্রে জল রাখিয়া উহাতে ফুটাইতে হয়। C পাত্রের উপর A এবং B দুইটি খোদ চোঙ। স্টীম A চোঙের ভিতর দিয়া A এবং B র মাঝখানে আসে এবং P মুখ দিয়া বৃষ্টি হইয়া যায় (তৈরিক প্রদর্শিত পথে)। A চোঙের স্টীমের চাপের সহিত বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রভেদ বুঝিবার জন্য একটি ছুঁমুখ থোলা বাকানো কাচ নল (M) পানদপূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির সহিত লাগানো থাকে। এখানে ম্যানোমিটার বসে। ম্যানোমিটারের দুই বাহুতে পানদের তল সমান হইলে স্টীমের

থার্মোমিটারকে এমনভাবে হিপসোমিটারে ঢুকাইতে হইবে যেন কুণ্ড জল হইতে খানিকটা উঠতে থাকে। জল ফুটিতে আরম্ভ করিলে কুণ্ডের পারদ উষ্ণ স্টিমের সংস্পর্শে আসিয়া আয়তনে বাড়িবে এবং রক্ত বাহিয়া উপরে উঠিবে। যখন কুণ্ড স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারদ স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। তখন ঐ জায়গায় কাচনলের গায়ে দাগ কাট। ইহাকে উর্ধ্বস্থিরাক বা ফুটনাক বলা হইবে।

[**দ্রষ্টব্য :** ফুটন জলের তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর নির্ভর করে। বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (normal atmospheric pressure) ফুটন জলের যে তাপমাত্রা হয় উহাকেই উর্ধ্বস্থিরাক ধরা হয়। সুতরাং উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয়ের সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি ভিন্ন হয় তবে স্থিরাকের প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

মনে কর, যখন উর্ধ্বস্থিরাক নির্ণয় করা হইল তখন ব্যারোমিটারে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 74.6 cm, বায়ুমণ্ডলের চাপ ও ফুটনাকের তালিকা হইতে ঐ চাপে জলের ফুটনাক হইবে 99.5 centigrade. ধরা যাউক, প্রাপ্ত উর্ধ্বস্থিরাক ও উর্ধ্বস্থিরাকের মধ্যবর্তী দূরত্ব হইল 18 cm, এক্ষেত্রে সংশোধিত দূরত্ব নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে।

$$\frac{x}{18} = \frac{100}{99.5}, \text{ or, } x = \frac{100 \times 18}{99.5} = 18.9 \text{ cm.}$$

কাজেই প্রকৃত উর্ধ্বস্থিরাক নিম্নস্থিরাক হইতে 18.9 cm দূরে হইবে—18 cm নয়।]

X থার্মোমিটার স্কেল :

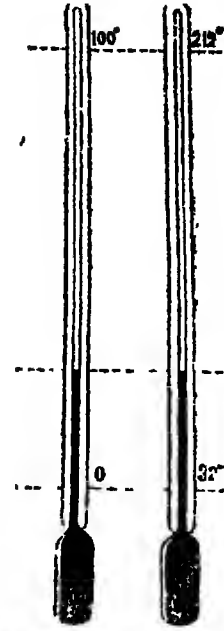
স্থিরাক দুইটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে বলা হয় প্রাথমিক অন্তর Fundamental interval (F. I.) : এই ব্যবধানকে বিভিন্ন উপায়ে ভাগ করিয়া বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কে. তৈয়ারী হয়। তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য আনাদের দেশে দুই রকমের থার্মোমিটার স্কেল চালু আছে।

(ক) সেন্টিগ্রেড স্কেল, (খ) ফারেনহাইট স্কেল।

(ক) **সেন্টিগ্রেড স্কেল :** এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাক 0° ডিগ্রী এবং উর্ধ্বস্থিরাক 100° ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে 100 সমান ভাগে

ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগ এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার ব্যবধান বুঝায়।

(খ) ফারেনহাইট স্কেল : এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাকে 32° ডিগ্রী এবং উর্ধ্ব স্থিরাকে 212° ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে সমান 180° ভাগে ভাগ করা হয়, সুতরাং এই স্কেল অনুযায়ী 0° নিম্নস্থিরাকের 32 ঘর নীচে। ইহাও প্রত্যেক ভাগ এক ডিগ্রী ফারেনহাইট তাপমাত্রার ব্যবধান বুঝায়।



সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট স্কেল
চিত্র 16

16 নং চিত্রে দুই স্কেলের ছবি দেখানো হইল।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন করা যাইতে পারে যে থার্মোমিটার নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলে ক্ষতি কি? প্রস্থচ্ছেদ অসমান হইলে অর্থাৎ নলটি কোথাও সূক্ষ বা মোটা হইলে একটি তাপমাত্রাভেদে পারদ নলের সত্ত্ব সমান-

ভাবে অগ্রসর হইবে না। মোটা জায়গায় বর অগ্রসর হইবে এবং সূক্ষ জায়গায় বেশী অগ্রসর হইবে। নলটির অংশাকন (graduation) সর্বত্র সমান হইলে এই বর্ণনেষ থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা নিতুলভাবে মাপা যাইবে না। তাপমাত্রা নিতুলভাবে মাপিতে হইলে প্রস্থচ্ছেদ অনুযায়ী ডিগ্রী ভাগ কাটিতে হইবে। মোটা জায়গায় ডিগ্রীর দৈর্ঘ্য কম করিতে হইবে এবং সূক্ষ জায়গায় বেশী করিতে হইবে। কিন্তু এই ধরনের অংশাকন ব্যয়বহুল এবং শ্রমসাধ্য। তাই সমান প্রস্থচ্ছেদের নল নওয়া হয় কারণ সেক্ষেত্রে অংশাকন খুব সহজে করা যায়।

দুই স্কেলের সম্বন্ধ :

উপরের স্কেল দুইটি হইতে বোঝা যায় যে একই তাপমাত্রার ব্যবধান সেন্টিগ্রেডে 100 ভাগ এবং ফারেনহাইটে 180 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। এই দুই স্কেলের ভিতর যে পারস্পরিক সম্বন্ধ আছে তাহা নিম্নলিখিত উপায় নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাক কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে C এবং ফারেনহাইট স্কেলে F হইল।

এখন সেন্টিগ্রেড স্কেলে 1° অথবা 1 দাগ = হিমাঙ্ক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{1}{100}$ ভাগ।

সুতরাং C সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = ঐ তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{C}{100}$ ভাগ

এখন ফারেনহাইট স্কেলে পানির F দাগ পর্যন্ত পৌছানো অর্থ হিমাঙ্ক হইতে (F-32) ঘর যাওয়া।

1 ফারেনহাইট ডিগ্রী = হিমাঙ্ক হইতে ফুটনাক পর্যন্ত তাপমাত্রার $\frac{1}{180}$ ভাগ

সুতরাং F-32 ,, ,, = ,, ,, ,, ,, $\frac{F-32}{180}$ ভাগ

যেহেতু তাপমাত্রা একই, অতএব,

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180}$$

$$\text{অতএব, } \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

তাজা দা, আমরা জানি,

$$180 \text{ ফারেনহাইট ডিগ্রী} = 100 \text{ সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী}$$

$$\therefore 1 \text{ ,, ,,} = \frac{5}{9} \text{ ,, ,,}$$

অথবা, 1 সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = $\frac{9}{5}$ ফারেনহাইট ডিগ্রী।

উদাহরণ :

(1) কোন এক দিনের তাপমাত্রা 94° ডিগ্রী ফারেনহাইট : সেন্টিগ্রেডে এ তাপমাত্রা কত ?

[The temperature on a certain day is 94° Fahrenheit. What will be corresponding temperature on centigrade scale ?]

$$\text{উ। আমরা জানি, } \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

এখানে F = 94°

$$\text{সুতরাং } \frac{C}{5} = \frac{94-32}{9} = \frac{62}{9}$$

$$\text{অথবা } C = \frac{62 \times 5}{9} = \frac{310}{9} = 34.4$$

(2) কোন একটি বস্তুর তাপমাত্রা 25°C বৃদ্ধি পাইল। ফারেনহাইট ডিগ্রীতে ঐ বৃদ্ধি কত হইবে?

[The temperature of a body rises by 25°C . How much is this increase in degrees Fahrenheit?] [H.S. Exam. 1964]

উ। আমরা জানি 100°C তাপমাত্রার ব্যবধান $= 180^{\circ}\text{F}$ তাপমাত্রার ব্যবধান

$$\therefore 1^{\circ}\text{C} \quad \text{''} \quad \text{''} = \frac{180^{\circ}}{100} \text{F} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

$$= \frac{9^{\circ}}{5} \text{F} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

$$\therefore 25^{\circ}\text{C} \quad \text{''} \quad \text{''} = \frac{9 \times 25}{5} = 45^{\circ}\text{F} \quad \text{''} \quad \text{''}$$

সুতরাং ফারেনহাইট ডিগ্রীতে উপরোক্ত বৃদ্ধি হইবে 45° .

(3) কোন অজাত স্কেলের থার্মোমিটার জিমাঙ্ক - 20° দেখাইতেছে এবং স্কেলমার্ক 80° দেখাইতেছে। 50 ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে?

[An unspecified thermometer reads - 20° at the ice-point and 80° at the steam-point. Calculate what this thermometer will read corresponding to 50°C ?]

উ। বরা হাউক থার্মোমিটার t° দেখাইতেছে। আমরা জানি

$$\frac{C}{100} = \frac{t - (-20)}{80 - (-20)}$$

$$\text{এখানে } C = 50^{\circ}\text{C, কাজেই, } \frac{50}{100} = \frac{t + 20}{100}$$

$$\text{অথবা } t = 30^{\circ}$$

(4) একটি থার্মোমিটারের প্রাথমিক স্কেল 80টি সমান ঘবে এবং আর একটির প্রাথমিক স্কেল 120টি সমান ঘবে বিভক্ত। প্রথমটির নিম্নস্থিতিবিন্দু 0° -তে এবং দ্বিতীয়টির 60° ঘবে অঙ্কিত। কোন তাপমাত্রা যাকোনো থার্মোমিটারে পাঠ 100° হইলে প্রথম থার্মোমিটারে পাঠ কত হইবে?

A thermometer has its fundamental interval divided into 80 equal parts and another into 120. If the lower fixed point of the first is marked 0 and of the second 60, what is the temperature shown by the first when it is 100° by the second?]

উ। ধর, প্রথম থার্মোমিটার যে তাপমাত্রা প্রদর্শন করিতেছে তাহা t_1
 এবং দ্বিতীয় " " " " " " t_2
 অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{t_1 - 0}{80} = \frac{t_2 - 60}{120}$$

এস্থলে $t_2 = 100^\circ$, কাজেই, $\frac{t_1 - 0}{80} = \frac{100 - 60}{120} = \frac{40}{120}$

$$\text{or, } t_1 = \frac{40 \times 80}{120} = 26.6^\circ \text{ (প্রায়)}$$

সুতরাং প্রথম থার্মোমিটার 26.6° তাপমাত্রা প্রদর্শন করিবে।

(5) কোন থার্মোমিটারে নিম্নস্থিরাক্ষ ও উপস্থিরাক্ষ যথাক্রমে 20 এবং 140 দাগ কাটা আছে। 92°F তাপমাত্রা এই থার্মোমিটারে কত দেখাইবে?

[If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92°F ?]

(H. S. Exam. 1962)

উ। উপস্থিরাক্ষ ও নিম্ন স্থিরাক্ষের মধ্যে মোট ভাগ = $140 - 20 = 120$
 দর, এই থার্মোমিটার যে পাঠ দিবে তাহা x

$$\text{অতএব, } \frac{x - 20}{120} = \frac{F - 32}{180}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } F = 92^\circ, \text{ কাজেই, } \frac{x - 20}{120} = \frac{92 - 32}{180} = \frac{60}{180}$$

$$\text{or, } x = 60^\circ$$

(6) একটি সুষম বস্তুব থার্মোমিটারের সহিত একটি সেন্টিমিটার স্কেল যুক্ত আছে। বস্তু থার্মোমিটার পাঠ হইল 7.3 cm , স্টিমে 23.8 cm এবং একটি হিমমিশ্রণে পাঠ হইল 3.5 cm । এই হিমমিশ্রণের তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে কত হইবে নির্ণয় কর।

[A thermometer with a uniform bore is attached to a centimetre scale. It reads 7.3 cm in ice, 23.8 cm in steam and 3.5 cm in a freezing mixture. Calculate the temperature of the freezing mixture in $^\circ\text{C}$.]

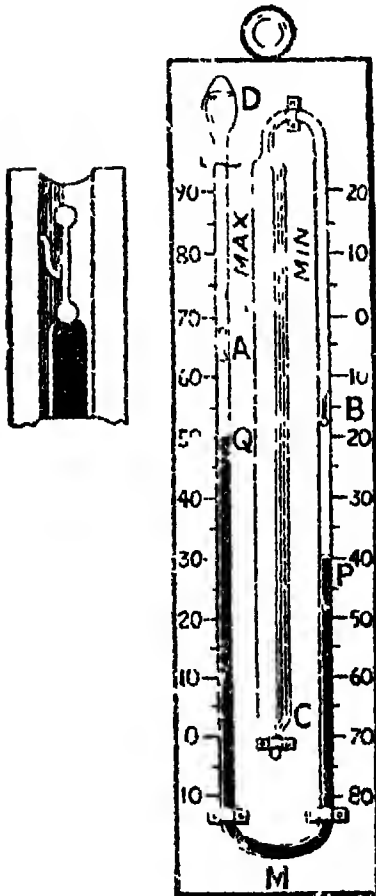
পার্মোমিটারে কণুটির কাছে বন্ধ খব সংকুচিত এবং একটি বাঁকা (চিত্রে ৫ অংশ)। ইহাৰ ফলে মাকুষৰ দেহৰ তাপমাত্ৰা অৱশ্যায়ী পাবদ সংকুচিত স্থান দিয়া অনাৱশ্যে আয়তনে বাঢ়িবা অগ্ৰসৰ হইবে কিন্তু দেহৰ বাহিৰে বাৰ্মোমিটাৰ আনিলে পাবদ ঐ স্থান দিয়া কণে ফিৰিয়া আসিতে পাবে না।

উহা দেহের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্দেশ করে এবং উহা পড়িবার (reading) সুবিধা হয়। পুনরায় থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে পারদ কুণ্ডে ফিরাইয়া আনিতে হইবে এবং তাহার জল থার্মোমিটারে ঝাঁকুনি দিতে হয়। 15 নং চিত্রে একটি এই ধরনের থার্মোমিটার দেখানো হইয়াছে।

এই থার্মোমিটার কখনও ফুটন্ত জলে ডুবানো উচিত নয়। কারণ ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা 110°F -এর অনেক বেশী। সুতরাং ফুটন্ত জলে ডুবাইলে পারদ এত বেশী প্রসারিত হইবার চেষ্টা করিবে যে থার্মোমিটার ফাটিয়া যাইবে।

থার্মোমিটার লক্ষ্য করিলে দেখিলে যে উহার গায়ে ' $\frac{1}{2}$ minute' বা ঐ ধরনের কোন সংকেত উল্লেখ আছে। ইহার অর্থ এই যে ঐ থার্মোমিটারটিকে বসণে $\frac{1}{2}$ minute বাধিলে উহা দেহের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা প্রদর্শন করবে।

২৮৮ সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার। Six's maximum and minimum thermometer।



ইহা একটি স্মারকযুক্ত থার্মোমিটার এবং ফাটনহাট্ট স্কেল অনুযায়ী দাগ কাটা। এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে আবহ-বিশদগণ ব্যবহার করেন। কারণ, ইহা দ্বারা দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

15 নং চিত্রে এই থার্মোমিটার দেখানো হইল। সমগ্রাসমুদয় সচ বস্তুর কাচনল দ্বারা উহা অনেকটা (J)-অক্ষর মতো বরাবর এবং একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়াভাবে স্থাপন করা হয়।

কাচনলের PMQ অংশ পারদপূর্ণ। A ও B দুইটি ইস্পাতের ডাঙের আকৃতির সূচক স্পীং দ্বারা কাচনলের দেয়ালে আটকানো। (চবিতে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।) সূচকটি ঠেলা খাইলে নল বাইরা অগ্রসর হয় কিন্তু ঠেলা না গাইলে স্পীং দ্বারা নলের গায়ে আটকাইয়া থাকে। C একটি লক্ষ্য কুণ্ড। এই কুণ্ডটি

২৮৮ সিক্সের লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার
চিত্র 15

ও তৎসলয় কাচনলের P পর্যন্ত অ্যালকোহল পূর্ণ। বাদিকের কাচনলের D একটি কুণ্ড। এই কুণ্ডটির কিছু অংশ এবং সংলগ্ন কাচনলের Q পর্যন্ত অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ। অর্থাৎ, PMQ পারদস্তম্ভ দুই বাতুর অ্যালকোহলকে পৃথক করিয়া রাখে। D-কুণ্ডের নাকী অংশ অ্যালকোহল বাষ্প দ্বারা পূর্ণ এবং প্রয়োজন হইলে নলের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া এই স্থান অধিকার করিতে পারে। QD অংশে অ্যালকোহল বাষ্পদ্বারা ফলে P ও Q পারদস্তম্ভে চাপ সমান হইবে। কাচনল দুইটির গা বাঁহিয়া দুইটি স্কেল ফারেনহাইটে দাগ কাটা থাকে। একটি স্কেল উচ্চ হইতে নিম্নে (অর্থাৎ, গর্বিষ্ঠ স্কেল) এবং অপবটি নিম্ন হইতে উচ্চে (অর্থাৎ, লম্বিষ্ঠ স্কেল) দাগ কাটা থাকে।

সবপ্রথম একটি চুম্বক দ্বারা বাঁহিব হইতে A ও B স্কেলদ্বয়কে নির্দিষ্ট Q এবং P পারদপ্রান্তস্থলের সঠিক ঠেকাইয়া দেওয়া হয়। এখন যদি তাপমাত্রা বাড়িতে থাকে, তবে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে বাড়িয়া P পারদ প্রান্তকে নীচে বারানক ঠেকায়। সঞ্চে সঞ্চে বাঁহিয়া কাচনলে D পারদপ্রান্ত উপরে উঠিতে, এবং তাহলে যদি B স্কেলকে B উপরে দিকে ঠেকানো হয়। এক্ষণে তাপমাত্রা বাড়িলে, সঞ্চে A স্কেল উপরে দিকে উঠিবে এবং তাহলে পব দেখা যাইবে গায়ে আঁকাইয়া থাকিবে। সঞ্চে গর্বিষ্ঠ স্কেল হইতে A স্কেল অবস্থান পাঠ করিলে দিনের লম্বিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে C কুণ্ডের অ্যালকোহল আয়তনে কমেবে এবং সঞ্চে সঞ্চে P পারদ-প্রান্ত উপরে দিকে উঠিবে। তাহলে যদি B স্কেলকে B উপরে দিকে অগ্রসর হইবে এবং যখন তাপমাত্রা বন্ধিবে না, তখন স্কেল দেখা যাইবে গায়ে আঁকাইয়া থাকিবে। তাহলে লম্বিষ্ঠ স্কেল হইতে B স্কেলের অবস্থান পাঠ করিলে দিনের লম্বিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

1-9. অ্যালকোহল থার্মোমিটার (Alcohol thermometer) :

তাপমাত্রা মাপিবার জন্য থার্মোমিটারের তথ্য হিসাবে সব প্রথম অ্যালকোহল ব্যবহৃত হইয়াছিল। বিংশ শতাব্দী শেষ কয়েকটি অষ্টাব্দে অক্সাইড লম্বিষ্ঠ ও গর্বিষ্ঠ থার্মোমিটার তথা অ্যালকোহল থার্মোমিটারের ব্যবহার এখন বিশেষ কোন প্রচলন নাই।

পারদ ও অ্যালকোহলের স্রবিধা-অস্রবিধা :

(1) পারদ -39°C তাপমাত্রায় জমিয়া যায় এবং 357°C তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে। কাজেই এই বিস্তীর্ণ পাল্লাব মধ্যে পারদ ব্যবহার করা যাইবে। কিন্তু অ্যালকোহলের হিমাক -130°C এবং ফুটনাক 78°C হওয়ায়, অ্যালকোহলের বেলাতে এই পাল্লা সংকীর্ণ। কিন্তু অ্যালকোহলের হিমাক পারদ অপেক্ষা অনেক কম হওয়ায় নিম্ন তাপমাত্রা পরিমাপে অ্যালকোহল স্রবিধাজনক।

(2) বিভিন্ন তাপমাত্রায় পারদের প্রসাৰণ নিয়মিত কিন্তু অ্যালকোহলের প্রসাৰণ অনিয়মিত। এই কারণে পাবদ থার্মোমিটারের অংশাকন খুব সহজ এবং অ্যালকোহল থার্মোমিটারে অংশাকন কঠিন ও ব্যয়বহুল।

(3) পারদ অস্ফুট ও চক্চকে হওয়ায় কাচের ভিতর দিয়া পারদ সহজে দেখা যায়, কিন্তু অ্যালকোহল স্ফুট বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া দেখিবাব জন্ত উতাকে বঃ করিয়া লইতে হয়।

(4) পাবদের আপেক্ষিক তাপ (0.033) অ্যালকোহলের আপেক্ষিক তাপ (0.6) অপেক্ষা কম, কিন্তু পাবদের আপেক্ষিক গুরুত্ব (13.6), অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব (0.8) অপেক্ষা অনেক বেশী। ফলে, সমান আয়তন পারদ ও অ্যালকোহলের ভাঃ ও তাপগ্রাহিতার তুলনা করিলে দেখা যাইবে যে পারদের তাপগ্রাহিতা অ্যালকোহল অপেক্ষা বেশী। ইহাতে যে-বস্তুর তাপমাত্রা মাপিতে হইবে তাহা হইতে পাবদ থার্মোমিটার অ্যালকোহল থার্মোমিটার অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ করিবে। থার্মোমিটারেব নীতির দিক হইতে পারদের পক্ষে ইহা একটি অস্রবিধা।

(5) পারদ তাপেব স্রবিধাবাহী কিন্তু অ্যালকোহল তাপেব স্রপরিবাহী নহ। ফলে, পাবদ থার্মোমিটারে পরীক্ষাধীন বস্তুর তাপমাত্রা যত দ্রুত লাভ করিবে অ্যালকোহল থার্মোমিটার তাহা পারিবে না।

(6) পাবদ কাচ ভিজায় না। এই কারণে কাচের রক্ত বাহিয়া পাবদ ঝাঁকি দিয়া দিয়া উঠিবে—মসৃণ ভাবে উঠিবে না। কিন্তু অ্যালকোহল কাচ ভিজায়, কাজেই অ্যালকোহলের অগ্রসরে মসৃণতা থাকিবে। ইহাতে একটি অস্রবিধা আছে। তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে যখন অ্যালকোহল নাগিয়া আসে তখন রক্তেব গায়ে পাতলা অ্যালকোহলের প্রলেপ লাগিয়া থাকে। ইহাতে তাপমাত্রা গাঠে জট আসে।

(7) পানির প্রসারণগুণক 0.00018 কিন্তু অ্যালকোহলের 0.00104 ; ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পারদ অপেক্ষা অ্যালকোহলের প্রসারণ অনেক বেশী হইবে। অর্থাৎ অ্যালকোহল থার্মোমিটার পারদ থার্মোমিটার অপেক্ষা বেশী স্বেদী।

সারাংশ

তাপ : তাপ এক প্রকার শক্তি। ইহা বস্তুতে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বস্তুতে ঠাণ্ডা হইয়া যায়। তাপশক্তিকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তুর অণু পরমাণু গতিশক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে দেখা দেয়। সুতরাং তাপকে 'গতিব এক প্রকার রূপ' বলিয়া বরা যাইতে পারে।

তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বস্তুর এমন এক তাপীয় অবস্থা যাহা হইতে আমরা জানিতে পারি যে ঐ বস্তু অথ বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অথ বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে। বেশী তাপমাত্রার বস্তু কম তাপমাত্রার বস্তুকে তাপ প্রদান করে এবং কম তাপমাত্রার বস্তু বেশী তাপমাত্রার বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করে।

এই সম্পর্ক তাপমাত্রাকে তবলৈব তলেব সীতন্ত 'সেনা' কয়' যাইতে পারে। কিছু পরিমাণ জলৈব সীতন্ত ইহাব তলেব সে-তাপ, তাপের সীতন্ত তাপমাত্রার সেই তফাৎ। তাহা তাপ কারণ-তাপমাত্রা উৎপাদন।

থার্মোমিটার : তাপমাত্রা মাপক যন্ত্রকে থার্মোমিটার বলে। পদার্থের বিভিন্ন বস্তুকে গরমকরন করিয়া বিভিন্ন প্রকারের থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে। ইহাও ঠিকতাব পারদ থার্মোমিটারের প্রচলনই বেশী। কারণে তাৎকালিক অজ্ঞানতাব তাপমাত্রা থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করা সর্বদা জনক। একটি সর্ব-প্রকারে বাসন্ত কচনএ পারদপূর্ণ করিয়া এই থার্মোমিটার তৈয়ারী করা হয়। ইহাও দুইটি স্থিরাক আছে।

থার্মোমিটার স্কেল : পারদ থার্মোমিটারে দুই স্থিরাকের মধ্যবর্তী স্থান ভাগ করিবার বিভিন্ন প্রণালীর উপর বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল সৃষ্টি হইয়াছে। প্রধান দুইটি স্কেল হইতেছে (1) সেন্টিগ্রেড এবং (2) ফারেনহাইট।

সেন্টিগ্রেডে নিম্নস্থিরাক 0° এবং উর্ধ্বস্থিরাক 100°। কিন্তু ফারেনহাইটে নিম্নস্থিরাক 32° এবং উর্ধ্বস্থিরাক 212°।

দুই স্কেলের সম্পর্ক : কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে যদি C হয় এবং ফারেনহাইটে নিম্নস্থিরাক F হয় তবে,

$$C = \frac{F - 32}{9}$$

ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার : ইহা পারদপূর্ণ কারেনহাইট থার্মোমিটার । ডাক্তারগণ রোগীর দেহের তাপমাত্রা দেখিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন । এই থার্মোমিটারে 95° হইতে 110° পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে ।

গৃহ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার : ইহা আলকোহলপূর্ণ কারেনহাইট থার্মোমিটার । দিনের সশীত ও সবিনয় তাপমাত্রা এই থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যায় । আবহাওয়া অফিসে এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয় ।

প্রশ্নাবলী

১. গাঢ় ও তাপমাত্রা ভিত্তে প্রভেদ কি ?

[What is the difference between 'heat' and 'temperature' ?]

২. থার্মোমিটার কতটুকু বলে ? পারদ থার্মোমিটার নির্মাণে প্রাপ্ত বর্ণনা কৰ । থার্মোমিটারে এক সমান ব্যাসযুক্ত না হইলে ক্ষতি কি ? থার্মোমিটারে বক্রের প্রাচীরে ছোট কণ্ডার কাজ কি ?

[What is a thermometer ? Describe the construction of a mercury thermometer. Is it necessary that tube of the thermometer should be of uniform bore throughout ? What is the function* of the small bulb at the upper end of the capillary of a thermometer ?] [cf. H. S. Exam., 1960]

৩. দুইটি থার্মোমিটারের একটির গুণ্ড আবার বড় হইলে অন্যটির বক্র খুল যাক । উভয়ের স্থায়ী-অস্থায়ী ত্রুটি কত ?

[There are two thermometers of which one has the larger bulb and the other finer bore. Explain the advantage and disadvantage in each case.]

৪. থার্মোমিটারে প্রযুক্ত কয়টি বিন্দু : এই বিন্দু নির্ণয়ের জন্য বিশদভাবে বর্ণনা কৰ । 'প্রাথমিক অন্তর' বলিতে কি বোঝ ?

[What are the fixed points of a thermometer ? Describe, in detail, the method for ascertaining the fixed points. What do you mean by 'fundamental interval' ?] [cf. H. S. Exam., 1962.]

৫. 'থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহারের সুবিধা কি ? পারদ ছাড়া অন্য কি তরল ব্যবহার করা যায় ?

[What are the advantages of using mercury in a thermometer ? What other liquid can be used ?]

৬. কত বহুবিধ থার্মোমিটার প্রচলিত আছে ? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কৰ ।

[How many thermometric scales are generally in use ? Ascertain relations between them.]

৭. দার্জিলিং-এ কোন এক শীতের দিনে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 80° ফারেনহাইট। সেটি গ্রেড স্কেলে তাপমাত্রা কত হইবে?

[On a certain winter day in Darjeeling the minimum temperature was found to be 80° Fahrenheit. What was it in Centigrade scale?] [Ans. -1.11°]

১০. কোন তাপমাত্রা ফারেনহাইট ও সেন্টিগ্রেড স্কেলে সমান হইবে?

[Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales]

[Ans. -40°] [H S Exam., 1960]

৯. এ পর্যন্ত যা সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া গিয়াছে তাহা -270° সেন্টিগ্রেড। ফারেনহাইট স্কেলে তাহা কত?

[The minimum temperature so far attainable is -270° Centigrade. What is it on Fahrenheit scale?] [Ans. -454°]

১০. কোন থার্মোমিটারে ফ্রুটনাক 160° এবং ফ্রিমাক 15° দাগ কাটা আছে। এই থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 78° হইলে সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট কত হইবে?

[The boiling point and freezing point of a thermometer are 160° and 15° respectively. What would be the temperature on Centigrade and Fahrenheit scales when it shows a temperature of 78° ?] [Ans. $40^{\circ}\text{C} \cdot 104^{\circ}\text{F}$]

১১. একটি থার্মোমিটারে ফ্রিমাক 20° এবং ফ্রুটনাক 150° দাগ কাটা আছে। সেটি গ্রেড থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 45°C হইলে এই থার্মোমিটারে কত হইবে?

[The freezing point on a thermometer is marked 20° and the boiling point 150° . What reading would this thermometer give for a temperature of 45°C ?] [Ans. 78.5°]

১২. একটি ঘরে দুইটি থার্মোমিটার টানানো আছে। একটিতে 15° এবং অন্যটিতে 59° পাঠ পাওয়া যাইতেছে। এই পার্থক্যের কারণ বিশদভাবে বর্ণনা কর।

একটি ফারেনহাইট থার্মোমিটারে যখন 110° তাপমাত্রা পাঠ দিতেছে তখন একটি ত্রুটিপূর্ণ সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে পাঠ হইতেছে 44° । এই থার্মোমিটারে ত্রুটি কতজানি?

[Two thermometers are hung up in a room. One registers a temperature of 15° and the other 59° . Explain fully the meaning of this difference.

A Fahrenheit thermometer registers 110° while a faulty Centigrade thermometer registers 44° . What is the error in the latter?]

[Ans. -0.67°C .]

১৩. থার্মোমিটারের স্থিতিস্থাপক নিক্সপে নির্ণয় করা হয় ব্যাখ্যা কর। বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম তাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

একটি ত্রুটিপূর্ণ সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে নিক্সপো নিক্সপো যথাক্রমে $+0.5$ এবং 100.8 দাগ কাটা আছে। এই থার্মোমিটারে যখন 20 পাঠ দিতেছে তখন ত্রুটিহীন সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে কত পাঠ হইবে?

[Explain how the fixed points of a thermometer are determined. How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal?]

The readings of a faulty Centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively $+0.5$ and 100.8 . Find the correct temperature on the Centigrade scale when the faulty thermometer reads 20 .]

[H S (comp) 1960] [Ans. 19.4°C (প্রায়)]

14. একটি সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে হিমাক 1.5°C এবং 747 mm. পারদেব চাপে ফুটন্ত জলের স্টিম 99.5°C দেখাইতেছে। যখন ঐ থার্মোমিটারে 20°C পাঠ পাওয়া যাইতেছে তখন ফারেনহাইট স্কেলে নির্ভুল তাপমাত্রা কত? 784 mm পারদেব চাপে জল 99°C তাপমাত্রায় ফোটে।

[A Centigrade thermometer reads 1.5°C in melting ice and 99.5°C in steam from water boiling at 747 mm. pressure. What is the correct temperature in Fahrenheit scale when this thermometer reads 20°C ? Boiling point of water at 784 mm. pressure is 99°C .] [Ans. 66.1°]

15. কোন তাপমাত্রাতে ফারেনহাইটে ডিগ্রী পাঠ সে'সিগ্রেড ডিগ্রী পাঠের 5 গুণ হইবে?

[Find out the temperature when the degrees of the Fahrenheit thermometer will be 5 times as the corresponding degrees of the Centigrade thermometer?] [H S. (Comp) 1963] [Ans. 10°C or 50°F]

16. একটি তাপমাত্রা সে'সিগ্রেড ও ফারেনহাইট থার্মোমিটারে পাঠ কান্দা 56° তফাৎ প্রদর্শন করিবে। উভয় থার্মোমিটারে ঐ তাপমাত্রা কত?

[The same temperature when read on a Centigrade and Fahrenheit thermometer gives a difference of 56° . What is the number of degrees indicated by each thermometer?] [Ans. 40°C or 86°F]

17. একটি কঠিণ্ড থার্মোমিটার বাকের বাঁধে 5°C এবং স্বাভাবিক বায়ুচাপ শুষ্ক স্টিমে বাঁধে 99°C পাঠ দেয়। ঐ থার্মোমিটারে যখন 52°C পাঠ পাওয়া যায় তখন সঠিক পাঠ কত?

[A faulty thermometer reads 5°C in melting ice and 99°C in dry steam at normal atmospheric pressure. Find the correct temperature when the thermometer reads 52°C .] [Ans. 50°C .]

18. একটি থার্মোমিটারে (A) প্রাথমিক অন্তর (F. I.) 45 সমান ভাগে এবং অপর একটি (B) 100 সমান ভাগে বিভক্ত। A-র নিম্নবিন্দু -2° এবং B-এর 50° ; কোন তাপমাত্রা B-থার্মোমিটারে 110° হইলে A-থার্মোমিটারে কত হইবে?

[A thermometer (A) has not its F. I. divided into 45 equal parts and another (B) into 100. If the lower fixed point of A is marked -2° and that of B 50° , what is the temperature by A when it is 110° by B?] [Ans. 25°]

19. ক্লিনিকাল থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর। ইহাকে গর্ভ থার্মোমিটার হিসাবে গণ্য কবিবার কারণ কি?

Describe a clinical thermometer and mention its uses. Why can it be considered as a maximum thermometer?

cf. H. S. Exam., 1960]

২০. একটি স্থানীয় মক্কা দ্বারা সিলের পরিষ্ঠ ও লব্ধি থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe with a neat diagram, Six's maximum and minimum thermometer and explain its action.]

২১. দিনের সর্বোচ্চ ও রাত্রির সর্বনিম্ন তাপমাত্রা মাপিবার একটি উপযুক্ত যন্ত্রের ছবি আঁক এবং বিভিন্ন অংশের নাম লেখ। যন্ত্রটির বিন্যাস ও পঠনপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day-temperature and the lowest night temperature in a room.]

Explain how the apparatus is read and set. [H. S Exam. 1961]

২২. সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট তাপমাত্রায়ুক্ত নিম্নলিখিত চকটি পূরণ কর :—

সেন্টিগ্রেড	-50°		10°		45°	75°
ফারেনহাইট	-18°	28°		59°		208°

[Fill up the gaps in the following table which is drawn up according to Centigrade and Fahrenheit scales :—

Centigrade	-50°		10°		45°	75°
Fahrenheit	-18°	28°		59°		208°

২৩. থার্মোমিটারের তল ভিসাবে পানদ ও আলকোহলের সুবিধা যত্নসহ উল্লেখ কর।

[Mention the advantages and disadvantages of mercury and alcohol as thermometric liquids.]

[Objective type questions]

নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে যেটি অত্রান্ত তাহাব ডানদিকের শূন্যস্থানে C এবং যেগুলি - তাহাব স্থানে W লেখ :—

(i) তাপকে একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে কারণ তাপকে আলোক প্রভৃতি অন্যান্য শক্তিতে পরিণত করা যায়। —

(ii) পানদ থার্মোমিটারের নুণ্ড বৃহৎ এবং কাচনালব বদ্ধ খুব সশ হইলে ই থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা যায়। —

(iii) কোন বস্তুতে তাপমাত্রার তন্তু না থাকিলে তাপেরও অস্তিত্ব থাকিতে পারে না ; কেন না তাপমাত্রা হইল কারণ এবং তাপ হইল উহার ফল। —

(iv) দুইটি বস্তুর তাপমাত্রা এক হইলে উহাদের তাপের পরিমাণও এক হইবে ; আবার তাপের পরিমাণ এক হইলে তাপমাত্রাও এক হইবে। —

(v) উষ্ণ বা নিম্ন স্থিতি নির্ণয়ে বায়ুগুলোর চাপের কোন হিসাব রাখিবার প্রয়োজন হয় না। —

(vi) এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী এক ফারেনহাইট ডিগ্রী ঠিক। —

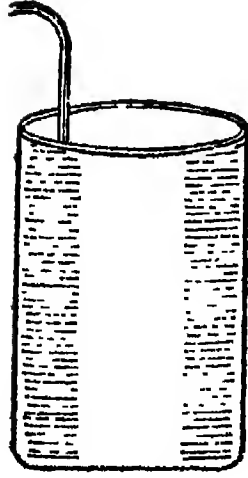
(vii) পানদ থার্মোমিটারের নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলেও তাপমাত্রা নির্ধারণে কোন অসুবিধা হয় না। —

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

ক্যালরিমিট্রি (Calorimetry)

2-1. ক্যালরিমিট্রি (Calorimetry) :

তাপ একটি প্রাকৃতিক (physical) রাশি। সুতরাং ইহার পরিমাপ সম্ভব। যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রার পরিবর্তন করে তখন যে-পদ্ধতিতে বস্তুর সেই তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিট্রি বলে।



ক্যালরিমিটার ও
আলোড়ক
চিত্র 2ক

যে-পাত্রের দ্বারা তাপের পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিটার বলে। ক্যালরিমিটার আর কিছুই নয়—তামার একটি চোঙাকৃতি পাত্র (2ক নং চিত্র)। ইহার সহিত তামার তৈয়াবী একটি আলোড়ক (stirrer) থাকে। ক্যালরিমিটারেব ভিতরকার তরল পদার্থ নাড়িবার জন্য এই আলোড়কের প্রয়োজন।

2-2. তাপ পরিমাপের একক (Units of measurement of heat) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন রাশির পরিমাপ করিতে গেলে উহাকে যথোপযুক্ত এককে প্রকাশ করিতে হয়। সুতরাং, তাপ পরিমাপের উপযুক্ত একক প্রয়োজন।

তাপ পরিমাপের যে-সমস্ত বিভিন্ন একক আছে তাহা নিয়ে বলা হইল।

ক্যালরি (Calorie) : এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে।
সি. জি. এস পদ্ধতিতে তাপের একক ক্যালরি।

ব্রিটিশ থার্মাল একক (British thermal unit) : এক পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী কারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ব্রিটিশ থার্মাল একক বলে। ইহা এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে তাপের একক এবং ইংলণ্ডে এই একক সমধিক প্রচলিত।

থার্ম (Therm) : ইহা ইংলণ্ডে প্রচলিত বাণিজ্য নীকাস্ত (commercial) তাপের একক। ইংলণ্ডে রন্ধন ইত্যাদি কাজের জন্ত যে-গ্যাস সরবরাহ করা হয় তাহার মূল্য থার্ম এককের ভিত্তিতে ধার্য করা হয়।

1 থার্ম = 100,000 ব্রিটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং 100,000 পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী কারেনহাইট তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলা যাইতে পারে।

পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক অথবা সেন্টিগ্রেড তাপ একক (Centigrade heat unit—C. H. U.) :

এই এককটি এফ. পি. এস. এবং সি. জি. এস. পদ্ধতির মিশ্রণে গঠিত এক মিশ্র একক। এন্জিনিয়ারীং এবং কাবিরগণী বিভাগে তাপের এই এককটি সমধিক প্রচলিত।

এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকেই পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক বলা হয়। লক্ষ্য কর যে জলের ভর প্রকাশ করা হইয়াছে এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে এবং তাপমাত্রা প্রকাশ করা হইয়াছে সি. জি. এস. পদ্ধতিতে। এই কাবণে এই একক-কে মিশ্র একক বলা হয়।

গড় ক্যালরি ও 15°C ক্যালরি (Mean calorie and 15°C calorie) :

ক্যালরির সংজ্ঞা বলার সময় বলা হইয়াছে যে এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। এই ‘এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড’ কোথা হইতে কোন্ পর্যন্ত— 0°C হইতে 1°C কিংবা 20°C হইতে 21°C কিংবা অল্প কিছু—তাহা বলা হয় নাই। প্রকৃতপক্ষে এক গ্রাম জলকে 0°C হইতে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন 20°C হইতে 21°C উষ্ণ করিতে ঠিক সেই তাপের প্রয়োজন হয় না। অর্থাৎ, তাপমাত্রা স্কেলেব বিভিন্ন অংশের 1°C ব্যবহার করিলে ফলাফল সর্বদা ঠিক এক হয় না। এই অন্ববিধা দূর করিবার জন্ত গড় ক্যালরি উদ্ভাবন করা হইয়াছে। ইহার সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

এক গ্রাম জলকে 0°C হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে 100 ক্যালরি ভাগ করিলে যে-তাপ পাওয়া যাইবে উহাকে গড় ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে এক গ্রাম জলকে 14.5°C হইতে 15.5°C উত্তপ্ত করিতে যে-তাপ লাগে তাহা উপরোক্ত গড় ক্যালরির প্রায় সমান। এই কারণে এই বিশেষ তাপকে একটি একক বলিয়া গণ্য করা হয় এবং উহাকে 15°C ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

2-3. (i) ক্যালরি ও ব্রিটিশ থার্মাল এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned} 1 \text{ ব্রিটিশ থার্মাল একক} &= 1 \text{ lb জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\ &= 453.6 \text{ gms জলের } 1^{\circ}\text{F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\ &[\because 1 \text{ lb} = 453.6 \text{ gms}] \\ &= 453.6 \text{ gms জলের } \frac{5}{9}^{\circ}\text{C উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ} \\ &[\because 1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}^{\circ}\text{C}] \\ &= 453.6 \times \frac{5}{9} \text{ calories.} \\ &= 252 \text{ calories.} \end{aligned}$$

সুতরাং 1 ব্রিটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

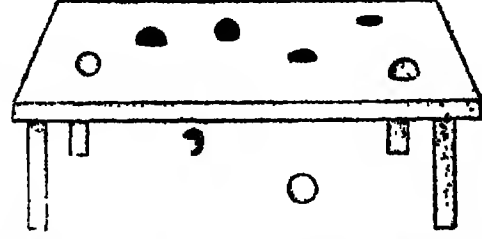
(ii) ক্যালরি ও পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

$$\begin{aligned} 1 \text{ পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড একক} &= 1 \text{ lb} \times 1^{\circ}\text{C} \\ &= 453.6 \times 1^{\circ}\text{C} \\ &= 453.6 \text{ calories.} \end{aligned}$$

2-4. আপেক্ষিক তাপ (Specific heat) :

আমরা যদি সমপরিমাণ বিভিন্ন দ্রব্য লই—যথা, সীসা, লোহা, তামা ইত্যাদি এবং উহাদের সমপরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য তাপ প্রদান করি তবে দেখিব যে বিভিন্ন দ্রব্যে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন দ্রব্যের তাপ গ্রহণ করিবার ক্ষমতা শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই ব্যাপারটি সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

পরীক্ষা: (1) সীসা, তামা, লোহা ইত্যাদি বিভিন্ন পদার্থের সমান ভরের (mass) কতকগুলি বল লও। তাপ প্রদান করিয়া উহাদের সমান তাপমাত্রা বৃদ্ধি কর। এবার একসঙ্গে তাড়াতাড়ি বলগুলিকে একটি মোমের প্লেটের উপরে রাখ। দেখিবে যে বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইবে। কোনটি সম্পূর্ণ গলাইয়া গড়িয়া যাইবে, কোনটি বা অর্ধেক গলাইবে ইত্যাদি (2য় নং চিত্র)।



বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইতেছে
চিত্র 2য়

ইহা ইহাতে বোঝা যায় যে যদিও বলগুলির ভর সমান এবং একই তাপমাত্রার হ্রাস হইল (কারণ প্রত্যেকটিই এক প্রাথমিক তাপমাত্রা হইতে মোম গলনের তাপমাত্রায় পৌছিল) তবুও তাহারা বিভিন্ন পরিমাণ তাপ ছাড়িয়া দিল। সুতরাং তাপ বর্জন শুধু ভর বা তাপমাত্রা পরিবর্তনের উপর নির্ভর করিল না।

(2) দুইটি একই ধরনের বেটলী লইয়া উহাতে সমপরিমাণ জল ও দুধ ঢাল। বেটলী দুইটিকে একই উনানের উপর পাশাপাশি রাখ। কিছুক্ষণ পরে উহাদের দ্বিতীয় দুইটি থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া তাপমাত্রা দেখিলে দেখিতে পাইবে যে জল অপেক্ষা দুধের তাপমাত্রা বেশী। থার্মোমিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখিলে দেখা যাইবে যে দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি শব্দে জল অপেক্ষা বেশী হইতেছে। অর্থাৎ, বলা যাইতে পারে যে পরিমাণে সমান হইলেও এবং একই তাপ পাইলেও দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি ভিন্ন হইতেছে। কাজেই তাপমাত্রাবৃদ্ধি শুধু ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিল না।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে বিভিন্ন দ্রব্য কর্তৃক তাপ গ্রহণ বা বর্জন শুধু দ্রব্যগুলির ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। আবার বিভিন্ন দ্রব্যের তাপমাত্রা বৃদ্ধিও শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিবে না। দ্রব্যের একটি বিশেষ ধর্মের উপর উহারা নির্ভর করিবে। দ্রব্যের এই বিশেষ ধর্ম হইল আপেক্ষিক তাপ।

উপরোক্ত প্রথম পরীক্ষায় ধাতব বলগুলি বিভিন্ন তাপ বর্জন করে কারণ বিভিন্ন ধাতব আপেক্ষিক তাপ এক নহে এবং দ্বিতীয় পরীক্ষায় দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি আলাদা হইল, কারণ দুধ ও জলের আপেক্ষিক তাপ আলাদা।

তাহার সমান হয়। যেমন, তাহার আপেক্ষিক তাপ 0.9 ; ইহার অর্থ এই যে 1 পাউণ্ড তাহাকে 1° ডিগ্রী ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে 0.9 ব্রিটিশ থার্মাল একক তাপ প্রয়োজন।

উপরোক্ত কারণে কেহ কেহ আপেক্ষিক তাপের জ্ঞান একক ব্যবহার করেন। এক. পি. এস. পদ্ধতিতে তাহার প্রতি পাউণ্ডে, প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে ব্রিটিশ থার্মাল একক (B. Th. U. per pound per degree Fahrenheit) এবং সি. জি. এস. পদ্ধতিতে প্রতি গ্রামে, প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে ক্যালরি (Calorie per gramme per degree Centigrade)—এই একক ব্যবহার করেন।

2-৪৬ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাসের জন্য গৃহীত বা বর্জিত তাপের পরিমাণ (Amount of heat either absorbed or given out by a body for a rise or fall of temperature) :

যদি কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ s হয়, তবে আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

1 gm বস্তু 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে s calorie.

সুতরাং $m \text{ gm}$, " " " " " " " " " " $m s$ "

" " " " " $t^\circ\text{C}$ " " " " " " $m s t$ "

অতএব ' m ' gm বস্তু (আপেক্ষিক তাপ ' s ') $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যদি ' H ' calorie তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তবে উপরোক্ত হিসাব মত,

$$H = m s t \text{ calorie}$$

অর্থাৎ, গৃহীত বা বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাস।

যদি তাপ গ্রহণের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং গ্রহণের পর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া t_2 দাঁড়ায়, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t_2 - t_1$ এবং সেক্ষেত্রে

$$H = m.s. (t_2 - t_1) \text{ calorie}$$

তেমনি, যদি তাপ বর্জনের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং বর্জনের পর তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া t_2 হয়, তবে তাপমাত্রার হ্রাস $= t_1 - t_2$ এবং সেক্ষেত্রে,

$$H = m.s. (t_1 - t_2) \text{ calorie}$$

উদাহরণ :

(1) একটি তামার বস্তুর ওজন 180 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ .09. বস্তুটির তাপমাত্রা 25°C হইতে 95°C বৃদ্ধির জন্ত কত তাপ লাগিবে ?

[A substance made of copper weighs 180 gms. Sp. heat of copper is .09. How much heat is required to raise the temperature of the substance from 25°C to 95°C ?]

উ। এক্ষেত্রে, $m = 180 \text{ gms}$, $s = .09$, $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 95^{\circ}\text{C}$.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং } H &= m.s. (t_2 - t_1) \\ &= 180 \times .09 (95 - 25) \\ &= 180 \times .09 \times 70 \\ &= 18 \times 9 \times 7 \\ &= 1134 \text{ calorie.} \end{aligned}$$

(2) 2.5 lbs অ্যালকোহলের তাপমাত্রা 68°F হইতে উহার স্ফটনাঙ্ক 173°F পর্যন্ত বৃদ্ধির জন্ত কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? [অ্যালকোহলের আপেক্ষিক তাপ = 0.6]

[How much heat is required to raise temperature of 2.5 lbs. of alcohol from 68°F to its boiling points 173°F ? Sp. heat of alcohol = 0.6]

উ। এখানে $m = 2.5 \text{ lbs}$, $s = 0.6$, $t_1 = 68^{\circ}\text{F}$, $t_2 = 173^{\circ}\text{F}$.

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং } H &= m s. (t_2 - t_1) \\ &= 2.5 \times 0.6 (173 - 68) \\ &= 2.5 \times 0.6 \times 105 \\ &= 157.5 \text{ B. Th. U.} \end{aligned}$$

(3) 1 therm গ্যাসের খরচ 1s. 3d. হইলে 50 gallons জলকে 40°F হইতে 200°F পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে কত খরচ হইবে ? 1 গ্যালন জলের ওজন 10 lbs.

[If a therm of a gas costs 1s. 3d. find the cost of heating 50 gallons of water from 40°F to 200°F . 1 gallon of water weighs 10 lbs.]

উ। 1 gallon জলের ওজন 10 lbs.

∴ 50 „ „ „ 50 × 10 = 500 lbs.

এখন, প্রয়োজনীয় তাপ = জলের ভর × তাপমাত্রার বৃদ্ধি

$$= 500 \times (200 - 40)$$

$$= 500 \times 160 \text{ B. Th. U.}$$

$$= \frac{500 \times 160}{100,000} \text{ therm}$$

$$= 0.8 \text{ therm.}$$

$$\therefore \text{খরচ} = 1s. 3d \times 0.8 = 12d.$$

[দ্রষ্টব্য : উদাহরণগুলি বিভিন্ন রাশির একক লক্ষ্য কর।]

2-7. বস্তুর তাপগ্রাহিতা (Thermal capacity of a body) :

কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন উহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে ক্যালরি তাপ প্রয়োজন, তাহাই সেই বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয় m gms এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা (C) উক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী দাড়ায়,

$$C = m \times s \times 1 \text{ calorie}$$

$$= ms \text{ calorie}$$

এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° Fahrenheit তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে ব্রিটিশ থার্মাল একক অনুযায়ী যে তাপ প্রয়োজন, তাহাই এই বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয় m lbs এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s , তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা

$$C = m \times s \times 1 \text{ B. Th. U.}$$

$$= ms \text{ B. Th. U.}$$

কাজেই,

বস্তুর তাপগ্রাহিতা = বস্তুর ভর × ইহার আপেক্ষিক তাপ।

তাপগ্রাহিতা হইতে আমরা আপেক্ষিক তাপের একটি বিকল্প সংজ্ঞা দিব করিতে পারি। বস্তুর তাপগ্রাহিতাকে এই বস্তুর ভর দিয়া ভাগ করিলে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ পাওয়া যায় বলিয়া আপেক্ষিক তাপকে ভর প্রতি বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলা যাইতে পারে।

2-8. বস্তুর জল-সম (Water-equivalent of a body) :

কোন বস্তুর 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ লাগে তাহা যে-পরিমাণ জলকে 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিবে সি. জি. এস. পদ্ধতিতে সেই পরিমাণ জলকে ঐ বস্তুর জল-সম বলে।

যেমন একটি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms বলিতে ইহাই বুঝায় যে 10 gms জলকে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহা ক্যালরিমিটারকে 1°C উষ্ণ করিবে। অর্থাৎ, 10 gms জল-সম-সম্পন্ন ক্যালরিমিটারের ভিতর যদি 100 gms জল লওয়া হয় তবে তাপ গ্রহণ বা বর্জনের বাপারে আমরা মনে করিতে পারি যে ক্যালরিমিটার নাই—তৎপরিবর্তে 110 gms জল আছে।

ধর, কোন বস্তুর ভর m gms ও বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ s , তাহা হইলে,

বস্তুটির 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $= m \times s \times 1 \text{ calorie}$.
এখন আমরা জানি 1 calorie তাপ 1 gm জলকে 1°C উষ্ণ করে।

$$\text{সুতরাং } m \times s \text{ ,, ,, } m \times s \text{ ,, ,, ,, }$$

অর্থাৎ, বস্তুর জল-সম $W = m \times s \text{ gms}$.

তেমনি, এক. পি. এস. পদ্ধতিতে বস্তুর জল-সম $W = m \times s \text{ lbs}$

2-9. তাপগ্রাহিতা ও জল সমের পার্থক্য :

(1) তাপগ্রাহিতা ও জল-সম উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল। অর্থাৎ, উহাদের মান সমান।

(2) তাপগ্রাহিতা কিছু পরিমাণ তাপ বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে ক্যালরিতে বা ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করা হয়। কিন্তু জল-সম কিছু পরিমাণ জলকে বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে গ্রামে বা পাউণ্ডে প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ :

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 75 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ .09 হইলে ক্যালরিমিটারের তাপগ্রাহিতা ও জল-সম নির্ণয় কর।

[A copper calorimeter weighs 75 gms. If the sp. heat of copper be .09, calculate the thermal capacity and water equivalent of the calorimeter.]

উ। এখানে $m = 75 \text{ gms}$; $s = .09$

$$\begin{aligned} \text{হতরাং তাপগ্রাহিতা, } C &= m \times s \text{ caloric} \\ &= 75 \times .09 \text{ caloric} \\ &= 6.75 \text{ caloric} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং জল-সম, } W &= m \times s \text{ gms} \\ &= 75 \times .09 \text{ gms} \\ &= 6.75 \text{ gms} \end{aligned}$$

2-10. ক্যালরিমিট্রির মূল নীতি (Principle of calorimetry)

ধরা যাউক A এবং B দুইটি বস্তু—A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী। এখন এই দুই বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনিলে A তাপ বর্জন করিবে এবং B সেই তাপ গ্রহণ করিবে। ফলে A বস্তুর তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে এবং B বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। এই তাপ গ্রহণ ও বর্জন চলিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়। যদি মনে করা যায় যে গ্রহণ ও বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইল না/ তবে A যে-পরিমাণ তাপ বর্জন করিবে B ঠিক সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করিবে। অর্থাৎ,

A কর্তৃক বর্জিত তাপ = B কর্তৃক গৃহীত তাপ। ইহাই ক্যালরিমিট্রির মূল নীতি।

ক্যালরিমিট্রি সংক্রান্ত পরিমাপে এই মূল নীতি প্রয়োগ করিতে হইলে মূল-নীতি প্রতিষ্ঠার সময় যে অবস্থার কথা ধরিয়া লওয়া হইয়াছে—অর্থাৎ তাপ গ্রহণ বা বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইবে না—তাহা সৃষ্টি করিবার জন্য সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে ক্যালরিমিটারকে এমনভাবে আচ্ছাদিত করিতে হইবে যে পরিবহণ, পিচ্চলন এবং বিকিরণ—এই তিন পদ্ধতিতে বাহিরের সহিত ক্যালরিমিটারের কোন তাপ আদান-প্রদান না হয়। তাছাড়া, পরীক্ষাধীন বস্তুকে দীর্ঘ সময়ব্যাপী উত্তপ্ত করা^{২য়} যাচাতে বস্তু স্থির তাপমাত্রা লাভ করে, উত্তপ্ত বস্তুকে দ্রুত ক্যালরিমিটারে স্থানান্তর করা, ক্যালরিমিটারের তরলকে অনবরত আলোড়িত করা এবং অগ্রান্ত তাপের উৎস হইতে ক্যালরিমিটারকে সম্পূর্ণরূপে বিচ্ছিন্ন করা ইত্যাদি সতর্কতা অবলম্বন করিতে হইবে। তছপরি, তরল ও কঠিন বস্তু এমনভাবে নির্বাচন করিতে হইবে যেন উহাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়, কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু তাপ পরিত্যক্ত বা শোষিত হইবে যাহা ক্যালরিমিট্রির হিসাবে ধরা যাইবে না।

ক্যালরিমিটারের পরিমাণে জল ব্যবহার করা সুবিধাজনক নহে। ইহার কারণ এই যে অগ্নাত তরলের তুলনায় জলের আপেক্ষিক তাপ অধিক। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপের দ্রবণ জলে যে তাপমাত্রা বৃদ্ধি হইবে সমভর অগ্নাত তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি অপেক্ষা তাহা অনেক কম হইবে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি যত কম হইবে তাহা পাঠ করিতে ভুলও তত বেশী হইবে। এই কারণে অল্প কোন তরল—যেমন, কোন তেল—ব্যবহার না করিয়া ক্যালরিমিটারে জল ব্যবহার করিলে প্রাপ্ত ফলের শতকরা ভুলের পরিমাণ বেশী হইবে।

2-11. ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় (Determination of water-equivalent of a calorimeter) :

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার লইয়া আলোড়ক (stirrer) সহ ওজন কর। ক্যালরিমিটারটি ঠাণ্ডা জল দিয়া অবেক ভর্তি কর এবং ওজন লও। ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা থার্মোমিটার দ্বারা লক্ষ্য কর। ক্যালরিমিটারকে আর একটি বড় পাত্রে রাখিয়া ক্যালরিমিটার ও পাত্রের মধ্যবর্তী স্থান তুলা, উল বা ঐরূপ কোন তাপের কুপরিবাহী বস্তু দ্বারা পূর্ণ কর। ইহাতে ক্যালরিমিটারের তাপক্ষয় নিবারিত হইবে। এখন অল্প একটি পাত্রে খানিকটা জল উত্তপ্ত কর এবং ইহার তাপমাত্রা লেখিয়া রাখ। তাহাতাড়ি ঐ উত্তপ্ত জল ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জলে মিশাও এবং আলোড়ক দিয়া নাড়িতে থাক। ক্যালরিমিটারে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে পাইতে স্থির হইবে তখন সেই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখ। ক্যালরিমিটার ও অভ্যন্তরস্থ জল যখন আবার পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আসিবে তখন পুনরায় ওজন লও। ধরা যাউক,

$$\text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} = W \text{ gms}$$

$$\text{খালি ক্যালরিমিটারের ওজন} = m_1 \text{ gms}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের " } = m_2 \text{ gms}$$

$$\text{" + ঠাণ্ডা জল + গরম জলের ওজন} = m_3 \text{ gms}$$

$$\text{ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা} = t_1^\circ\text{C}$$

$$\text{গরম জলের " " } = t_2^\circ\text{C}$$

$$\text{মিশ্রিত জলের সর্বোচ্চ " } = t^\circ\text{C}$$

$$\text{ঠাণ্ডা জলের ওজন} = (m_2 - m_1) \text{ gms} = m \text{ gms (ধর)}।$$

$$\text{যে গরম জল মিশানো হইল উহার ওজন} = (m_3 - m_2) = M \text{ gms (ধর)}।$$

এক্ষেত্রে গরম জল তাপ বর্জন করিবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে। এখন,

$$\begin{aligned}\text{গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{গরম জলের পরিমাণ} \times 1 \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস} \\ &= M \times (t_2 - t) \text{ calorie [জলের আঃ তাঃ} = 1]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ঠাণ্ডা " " গৃহীত " } &= \text{ঠাণ্ডাজলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= m(t - t_1) \text{ calorie}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ক্যালরিমিটার " " " } &= \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W(t - t_1) \text{ calorie}\end{aligned}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\text{কাজেই, } W(t - t_1) + m(t - t_1) = M(t_2 - t)$$

$$\text{অথবা, } W(t - t_1) = M(t_2 - t) - m(t - t_1)$$

$$\therefore W = \frac{M(t_2 - t)}{t - t_1} - m \text{ gms.}$$

উপবোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু জানা থাকায় W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি ক্যালরিমিটারের মধ্যে 15°C তাপমাত্রায় 140 gms জল আছে। উহাতে 35°C তাপমাত্রার 150 gms জল মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা 25°C হয়। ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

[A calorimeter contains 140 gms of water at 15°C . 150 gms of water at 35°C are mixed with it and the mixture attains a final temperature of 25°C . Calculate the water-equivalent of the calorimeter]

উ। ধরা যাউক W = ক্যালরিমিটারের জল-সম।

$$\begin{aligned}\text{গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{গরম জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা হ্রাস} \\ &= 150 \times (35 - 25) \\ &= 150 \times 10 = 1500 \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ঠাণ্ডা জলের পরিমাণ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 140 \times (25 - 15) = 140 \times 10 \\ &= 1400 \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ক্যালরিমিটার " " " } &= \text{ক্যালরিমিটারের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W \times (25 - 15) = 10W \text{ cal}\end{aligned}$$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\therefore 10W + 1400 = 1500$$

$$\text{অথবা, } 10W = 100$$

$$\therefore W = 10 \text{ gms}$$

(2) একটি লোহার পাত্রে 25°C তাপমাত্রায় 100 gms জল আছে। 60°C তাপমাত্রায় 50 gms. জল ঐ পাত্রে ঢালা হইল এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা 35°C হইল। বিকিরণ অথবা অন্য কোন উপায়ে তাপক্ষয় না হইলে পাত্রের জল-সম কত হইবে নির্ণয় কর। পাত্রের ওজন 238 gms হইলে লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[An iron saucepan contains 100 gms. of water at 25°C . 50 gms of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C . Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms. what is the sp. heat of iron ?] [H. S. Exam. (Comp) 1960]

উ। ধব, পাত্রের জল-সম = W gms.

$$\begin{aligned}\text{এখন, উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ} &= \text{উষ্ণ জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 50 (60 - 35) \\ &= 1250 \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{পাত্রের জল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= W (35 - 25) = 10W \text{ cal.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{পাত্রের ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{জলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 100 (35 - 25) = 1000 \text{ cal.}\end{aligned}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$$\text{কাজেই, } 10W + 1000 = 1250$$

$$\therefore 10W = 250$$

$$\text{or, } W = 25 \text{ gms.}$$

আবার, জল-সম = পাত্রের ভর \times পাত্রের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ

$$\text{কাজেই, } 25 = 238 \times s$$

$$\therefore s = \frac{25}{238} = 0.105 \text{ (প্রায়)}$$

(3) দুইটি বস্তুর ঘনত্বের অনুপাত 2 : 3 এবং আপেক্ষিক তাপ 0.12 এবং 0.09 ; বস্তু দুইটির প্রতি একক আয়তনের তাপগ্রাহিতার অনুপাত নির্ণয় কর।

[The densities of two substances are as 2 : 3 and their specific heats are 0.12 and 0.09 respectively. Compare their thermal capacities per unit volume.]

উ। ধর, বস্তু দুইটির ঘনত্ব যথাক্রমে 2ρ এবং 3ρ .

এখন, প্রতি একক আয়তনে উহাদের ভর হইবে $1 \times 2\rho$ এবং $1 \times 3\rho$.

যেহেতু তাপগ্রাহিতা = ভর \times আপেক্ষিক তাপ

কাজেই, প্রথম বস্তুর তাপগ্রাহিতা = $1 \times 2\rho \times 0.12$

এবং দ্বিতীয় „ „ = $1 \times 3\rho \times 0.09$

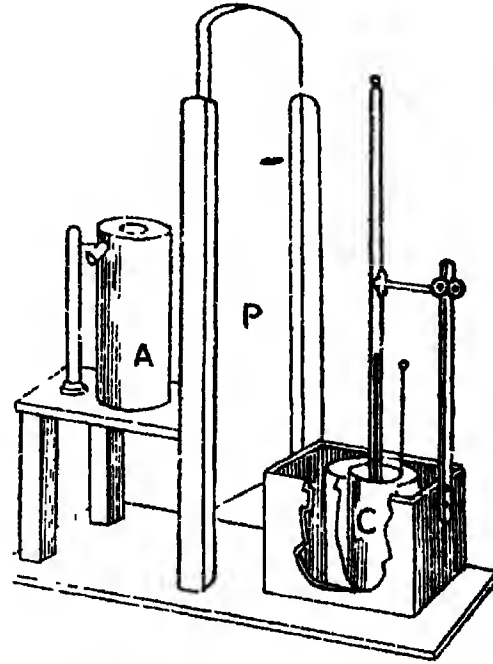
$$\text{উহাদের অনুপাত} = \frac{1 \times 2\rho \times 0.12}{1 \times 3\rho \times 0.09} = \frac{2 \times 12}{3 \times 9} = \frac{8}{9}$$

2-12. মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of a solid by the method of mixture) :

মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়েব জন্য একটি বিশেষ যন্ত্র ব্যবহার কবিতে হয়। ইহাকে বেনোর যন্ত্র (Regnault's apparatus) বলা হয়। 2গ নং চিত্রে এই যন্ত্রের ছবি দেখানো হইল। এই যন্ত্র ব্যবহারের ফলে পবিবরণ প্রভৃতি পদ্ধতিতে তাপক্ষয় নিবাবিত হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : A একটি স্টিমতাপনৌ প্রকোষ্ঠ (steam heater)।

2ঘ নং চিত্রে ইহাকে আলাদা করিয়া দেখানো হইয়াছে। A এবং B দুইটি ধাতব চোঙ (2ঘ নং চিত্র)। A চোঙটিকে নীচের মুখ আলাদা একটি ঢাকনা দিয়া বন্ধ এবং এই ঢাকনা ইচ্ছামত সর্বানো বা লাগানো যায়। চোঙের উপরেব মুখ কৰ্ক দিয়া আটকানো এবং এই কৰ্কের একটি ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার (T) ও অপর একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া সূতা গলাইবার ব্যবস্থা আছে। B চোঙের উপর দিকের একটি মুখ দিয়া স্টিম ঢুকিতে পারে এবং A ও B চোঙের



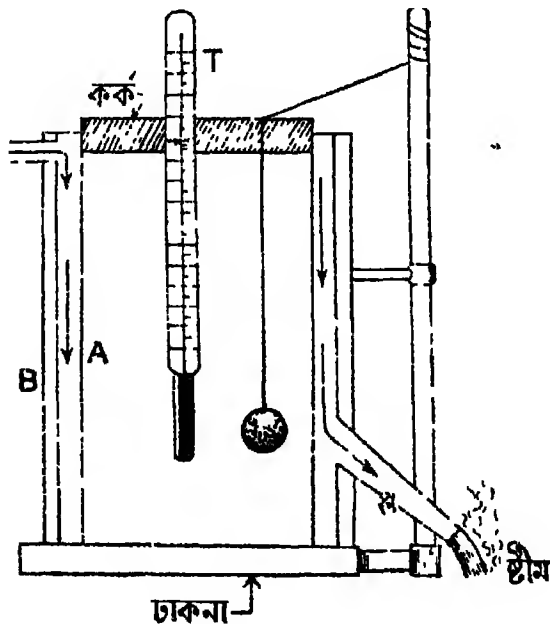
আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে বেনোর যন্ত্র
চিত্র 2গ

মাঝখান দিয়া তার মুখ হইতে বাহির হইয়া যাইতে পারে। এই ব্যবস্থার ফলে A চোঙের ভিতরকার বস্তু স্টিমের তাপমাত্রা পাইবে অথচ স্টিমের সহিত সাক্ষাৎ সংস্পর্শ হইবে না।

২গ নং চিত্রে সম্পূর্ণ যন্ত্রের ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A হইতেছে পূর্ববর্ণিত স্টিম-তাপনী। C একটি ক্যালরিমিটার—ইহা অন্য একটি তামার পাত্রের ভিতর রক্ষিত এবং মধ্যবর্তী স্থান ফেন্ট দ্বারা পূর্ণ। ইহা তাপক্ষয় নিবারণ করিবে। ক্যালরিমিটারের সহিত বাহ্যতে স্টিম-তাপনীর কোন তাপীয় (thermal) সংযোগ না হইতে পারে সেইজন্য দুইয়ের মাঝখানে একটি কাঠের পার্টিশান P আছে। ইহাকে ইচ্ছামত উপবে বা নীচে তোলা যায়। পার্টিশানকে উপবে তুলিয়া ক্যালরিমিটার C-কে স্টিম-তাপনীর তলায় লইয়া যাওয়া হয়।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) : পরীক্ষাধীন কঠিন পদার্থের একটি সুবিধামত টুকরা লও এবং ইহাব ওজন নির্ণয় কর। স্টিম-তাপনীর ভিতর সূতা দিয়া ঝুলাইয়া ইহাকে উত্তপ্ত কর (২ঘ নং চিত্র)।

ইতিমধ্যে ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর। পরে ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ ঠাণ্ডা জলে ভর্তি করিয়া ওজন লও ও ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে স্টিম-তাপনীতে বন্ধিত বস্তু স্টিমেব তাপমাত্রা লাভ করিবে। ইহা থার্মোমিটারেব সাহায্যে পড়। অতঃপর P পার্টিশান তুলিয়া



স্টিম-তাপনী
চিত্র ২ঘ

ধবিয়া ক্যালরিমিটারকে স্টিম তাপনীর তলায় আন (২গ নং চিত্র)। তাপনীর তলাব ঢাকনা সরাইয়া লও এবং তাড়াতাড়ি সূতা ছিঁড়িয়া বস্তুকে ক্যালরিমিটারেব জলের ভিতর ফেলিয়া দাও। সঙ্গে সঙ্গে ক্যালরিমিটারকে P-পার্টিশানেব ডানদিকে সরাইয়া লইয়া আলোড়কের সাহায্যে জল নাড়িতে থাক। একটি থার্মোমিটার উক্ত ক্যালরিমিটারের ভিতর

ডুলাইয়া দাও। এখানে উত্তপ্ত বস্তু জলকে ও ক্যালরিমিটারকে তাপ প্রদান করিবে। ফলে জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। যখন তাপমাত্রা আর বাড়িবে না তখন সেই চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা পড়।

[N.B. লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞানে' বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

গণনা (Calculation) :

ধর, পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

বস্তুর ওজন = M gms

ক্যালরিমিটারের ওজন = m_1 gms.

ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের ওজন = m_2 gms

ঠাণ্ডা জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = t_1 °C

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা = t_2 °C

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু ও জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা = t °C

এখানে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বজন করবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও উষ্ণ ভিতরকার ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করবে।

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = $M \times s \times (t_2 - t)$ cal.

ক্যালরিমিটার „ গৃহীত „ = $m_1 s_1 \times (t - t_1)$ cal.

[s_1 = ক্যালরিমিটার যে-পদার্থের তৈয়ারী উষ্ণতা : তা :]

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = $(m_2 - m_1)(t - t_1)$ cal
= $m(t - t_1)$ cal.

[ধরা যাক ঠাণ্ডা জলের ওজন = m , $\therefore m = m_2 - m_1$]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\begin{aligned} \text{অতএব, } Ms(t_2 - t) &= m(t - t_1) + m_1 s_1(t - t_1) \\ &= (t - t_1)(m + m_1 s_1) \\ \therefore s &= \frac{(t - t_1)(m + m_1 s_1)}{M(t_2 - t)} \end{aligned}$$

যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম H হয় তবে $H = m_1 s_1$. সেক্ষেত্রে,

$$s = \frac{(t - t_1)(m + H)}{M(t_2 - t)}$$

পরীক্ষার ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার :

(1) উত্তপ্ত বস্তুকে স্নায়ু-তাপনই হইতে ক্যালরিমিটারে ফেলিবার সময় কিছু তাপ নষ্ট হয়। ইহার ফলে প্রাপ্ত ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়।

(2) পরিবহণ ও বিকিরণের দরুন কিছু তাপ ক্ষয় হয়। কিন্তু Regnault-এর ব্যবস্থাতে পরিবহণজনিত তাপক্ষয় অনেকাংশে নিবারিত হয়। বিকিরণের

যদিও যে একটি আসে তাহা দূর করিতে হইলে জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা হইতে যত বেশী হইবে জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা বরফজলের সাহায্যে ঘরের তাপমাত্রা হইতে তত কম করিয়া লইতে হইবে। ইহার ফলে পরীক্ষার শেষে বিকিরণের দরুন যে তাপক্ষয় হইবে পরীক্ষার প্রথমে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ সঞ্চিত হইবে এবং প্রাপ্ত ফল নির্ভুল হইবে।

(3) জলের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কবিত্তে খুব স্নবেদী (sensitive) থার্মোমিটার ব্যবহার করা উচিত।

(4) উক্ত কঠিন বস্তুটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিবার সময় সাবধানত। অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে জল ছিটকাইয়া না পড়ে।

(5) এমন কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে দ্রবণীয় নয়। কারণ দ্রবণীয় হইলে কিছু লীম-তাপ কঠিন পদার্থ দ্রবণ হইতে গ্রহণ করিবে যাহার হিসাব করা সম্ভব হইবে না।

(6) কঠিন পদার্থ ও জলের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে চলিবে না। কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু পরিমাণ তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় যাহা উপযুক্ত হিসাবে আসে না।

2-13. মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়
(Determination of specific heat of liquid by the method of mixtures):

মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কবিত্তে হইবে কঠিন পদার্থের স্থায় একটি পরীক্ষা-ব্যবস্থা যব-ধন করিতে হইবে। শুধু ক্যালরিমিটারে জল না লইয়া পরীক্ষাদীন তরল লইতে হইবে এবং এমন একটা কঠিন পদার্থ বাছিয়া লইতে হইবে যাহার আপেক্ষিক তাপ জানা আছে এবং যাহার সহিত পরীক্ষাদীন তরলের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে না। মনে কর,

কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

পদার্থখণ্ডের ওজন = M gms

ক্যালরিমিটারের ওজন = m_1 gms

তরলের ওজন = m gms

তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_1^\circ \text{C}$

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t_2^\circ \text{C}$

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু এবং তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা = $t^\circ \text{C}$

তরলের আপেক্ষিক তাপ = s_2

এক্ষেত্রে, কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ $= M \times s \times (t_2 - t)$ cal.

ক্যালরিমিটার এবং তরল কর্তৃক গৃহীত তাপ

$$= (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1) \text{ cal.}$$

[s_1 = ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } Ms(t_2 - t) = (m_1 s_1 + m s_2) (t - t_1)$$

$$m_1 s_1 + m s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{t - t_1}$$

$$\therefore s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{m(t - t_1)} - \frac{m_1 s_1}{m}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু বাশি জানা থাকায় s_2 নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একগুণ কঠিন বস্তুর ওজন 500 gms ও তাপমাত্রা 100°C ; ইটাকে 12°C তাপমাত্রায় 100 gms জলের ভিত্তে ফেলা হইল। যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms হয় এবং ক্যালরিমিটারের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া 49°C হয়, তবে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করা।

[A solid weighs 500 gms and is at 100°C . It is dropped into 100 gms of water at 12°C . If the water equivalent of the calorimeter be 10 gms, calculate the sp. heat of the solid, the final temperature of the mixture being 49°C .]

উ। এস্থলে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং ক্যালরিমিটার ও তৎসহ জল সেই তাপ গ্রহণ করিবে।

ধরা যাউক কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ = s

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ

\times তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 500 \times s \times (100 - 49) \text{ cal.}$$

$$= 25500 \times s \text{ cal.}$$

জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = জলের ভর \times ইহার আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 100 \times 1 \times (49 - 12) \text{ cal.}$$

$$= 3700 \text{ cal.}$$

$$\begin{aligned}\text{ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ} &= \text{ইহার ভল-সম} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \\ &= 10 \times (49 - 12) \text{ cal.} \\ &= 370 \text{ cal.}\end{aligned}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 25500 \times s = 2700 + 370 = 4070$$

$$\therefore s = \frac{4070}{25500} = .16 \text{ (প্রায়)}$$

(2) তিন কিলোগ্রাম তামার তাপমাত্রা 0°C হইতে 10°C বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহা এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা 10°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করে। তামার আপেক্ষিক তাপ .093 হইলে সীসার কত?

[The heat required to raise three kilograms of copper from 0°C to 10°C raises one kilogram of lead from 10°C to 100°C . If the sp. heat of copper be .093, find that of lead.]

উ। ধরা যাউক, সীসার আঃ তাঃ = s

তিন কিলোগ্রাম তামার 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

$$= \text{তামার ভব} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}$$

$$= 3000 \times .093 \times 10 \text{ cal} \quad [3 \text{ kgm} = 3000 \text{ gm.}]$$

এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

$$= \text{সীসার ভব} \times \text{ইহার আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}$$

$$= 1000 \times s \times (100 - 10) = 1000 \times s \times 90 \text{ cal.}$$

যেহেতু এই দুই তাপ সমান, অতএব

$$1000 \times s \times 90 = 3000 \times .093 \times 10$$

$$\text{অথবা} \quad s = \frac{3000 \times .093 \times 10}{1000 \times 90} = .031$$

(3) একটি ক্যালরিমিটারে 16°C তাপমাত্রায় 85 gms জল আছে। উহার ভিতর 100°C তাপমাত্রায় 80 gms শুকনের একটি মার্বেল টুকরা ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 29.8°C হইল। মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। [ক্যালরিমিটারের জল-সম = 4.53 gms]

[A calorimeter contains 85 gms of water at 16°C . A piece of marble weighing 80 gms heated to 100°C is dropped into the water. The final temp. of water is 29.8°C . Calculate

the sp. heat of marble. The water equivalent of calorimeter = 4.53 gms.]

উ। ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = $4.53 (29.8 - 16)$ cal.

জল " " " = $85 (29.8 - 16)$ cal.

উত্তপ্ত মার্বেল " বর্জিত " = $80 \times s \times (100 - 29.8)$ cal.

[s = মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব, $4.53 (29.8 - 16) + 85 (29.8 - 16) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা, $(29.8 - 16) (4.53 + 85) = 80 \times s (100 - 29.8)$

বা, $13.8 \times 89.53 = 80 \times s \times 70.2$

$$\therefore s = \frac{13.8 \times 89.53}{80 \times 70.2}$$

$$= 0.22 \text{ (প্রায়)}$$

(4) A, B এবং C তিনটি তরল পদার্থ। 60° তাপমাত্রায় 4 gms A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। আবার, 60°C তাপমাত্রায় 1 gm A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। 60°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[Three liquids A, B and C are given. 4 gms of A at 60°C and 1 gm. of C at 50°C have, after mixing, a temperature of 55°C . A mixture of 1 gm of A at 60°C and 1 gm of B at 50°C shows a temperature of 55°C . What would be the temperature of a mixture of 1 gm of B at 60°C and 1 gm of C at 50°C ?]

Hints ধব, S_A , S_B , S_C তরল তিনটির আপেক্ষিক তাপ এবং 't' নির্ণয় তাপমাত্রা। অতএব,

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে } 4 \times S_A \times 5 = 1 \times S_C \times 5 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{দ্বিতীয় } ,, 1 \times S_A \times 5 = 1 \times S_B \times 5 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{তৃতীয় } ,, 1 \times S_B \times (60 - t) = 1 \times S_C \times (t - 50) \dots\dots\dots (3)$$

এখন, 't' নির্ণয় কর। $t = 52^\circ\text{C}$

কয়েকটি কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপের তালিকা

কঠিন পদার্থ	আ: তা:	তরল পদার্থ	আ: তা:
পিতল	0.09	অ্যালকোহল	0.6
তাম্র	0.092	কেরোসিন তেল	0.45-0.5
কাচ	0.16	পারদ	0.033
লোহা	0.117	সবিসাব তেল	0.5
মার্বেল	0.22	তাপিন তেল	0.42
বরফ	0.51		

2-14. খাদ্যবস্তু ও জ্বালানীর তাপনমূল্য। (Calorific value of foodstuffs and fuels) :

জ্বালানীর তাপনমূল্য বলিতে এং পাউণ্ড কঠিন বা তরল জ্বালানী অথবা এক ঘন ফুট গ্যাসীয় জ্বালানী দহন করিলে যে তাপ পাওয়া যায় তাহা বুঝায়।

সি. সি. এস্ পদ্ধতিতে এক গ্রাম কঠিন বা তরল জ্বালানী অথবা এক ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসীয় জ্বালানী দহন করিলে যে তাপ পাওয়া যায় তাহাই ঐ জ্বালানীর তাপনমূল্য। যেমন, সাধারণ কয়লাব তাপনমূল্য প্রতি গ্রামে 8000 calorie.

খাদ্যবস্তুব তাপনমূল্যও অনুরূপভাবে স্থির করা হয়। আমরা খাদ্য গ্রহণ করি দেহে শক্তি সরবরাহ করিবার জন্ত। খাদ্যবস্তু দেহের অভ্যন্তরে অক্সিজেন সহযোগে দগ্ধ হয় এবং দেহে তাপ সরবরাহ করে। খাদ্যবস্তুব তাপনমূল্য নির্ধারণের জন্ত 'কিলো-ক্যালরি' নামে একটি একক ব্যবহৃত হয় এবং ইহা 1000 সাধারণ ক্যালরিব সমান। যে সকল খাদ্যদ্রব্য আমরা গ্রহণ করি তাহাদের তাপনমূল্য নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে চর্বিজাতীয় খাদ্যে 9.3, শর্করা জাতীয় খাদ্যে 4.1, প্রোটিনজাতীয় খাদ্যে 4.1 কিলো-ক্যালরি আছে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে কায়িক পরিশ্রম কবে এরকম একজন মানুষের দৈনিক 5500 কিলো-ক্যালরি এবং কায়িক পরিশ্রম করে না এমন লোকের দৈনিক 2500 কিলো-ক্যালরি শক্তি প্রয়োজন। ইহা হইতে কোন ব্যক্তির খাদ্য তালিকায় কি কি খাদ্যবস্তু রাখা উচিত তাহা অনায়াসে স্থির করা যায়। এ প্রসঙ্গে একটি

কথা মনে রাখা উচিত যে প্রয়োজনীয় তাপনমূল্য সম্বলিত যে-কোন খাদ্য গ্রহণ করিলে দেহের গঠন পরিপূর্ণ হইবে না। যেমন, যথেষ্ট পরিমাণ শুধু শর্করাজাতীয় খাদ্য গ্রহণ করিয়া দেহের প্রয়োজনীয় তাপন মূল্য সরবরাহ করিলে দেহের গঠন সম্পূর্ণ হয় না; কারণ দেহের বৃদ্ধি, পুষ্টি এবং ক্ষয়-ক্ষতির প্রতিস্থাপনের জন্য প্রোটিন, চর্বি ইত্যাদিরও প্রয়োজন হয়।

2-15. উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপে ক্যালরিমিতির প্রয়োগ (Application of calorimetry in measuring high temperature):

কোন চুল্লী (furnace) বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রার মত উচ্চ তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে সরাসরি মাপিবার অনেক অসম্ভব আছে। ক্যালরিমিতির প্রয়োগে এই তাপমাত্রা সহজে এবং মোটামুটি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে এমন একটি কঠিন বস্তু সাহায্য লইতে হইবে যাহার গলনাঙ্ক (melting point) উক্ত তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী—অর্থাৎ ঐ চুল্লী বা অগ্নিশিখায় কঠিন বস্তুটি রাখিলে উহা গলিয়া যাইবে না। তাছাড়া, পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ জানা থাকিতে হইবে। আলোচ্য পদ্ধতিটি 2-12 অন্তচ্ছেদে বিবৃত মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় পদ্ধতির সহিত অধিকল একরকম। শুধু ইহা যে, বস্তুটিকে স্তম্ভ-তাপনোত্তে রাখিয়া স্তম্ভের তাপমাত্রা লাভ কবাইবার পরিবর্তে চুল্লী বা অগ্নিশিখায় রাখিতে হইবে। ইহাতে বস্তুটি চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা পাইবে। অতঃপর 2-12 অন্তচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুসরণ করিলে ঐ স্থানে যে শেষ সমীকরণটি লিখিত আছে উহার সাহায্যে কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাই হইবে চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা। নিম্নবর্ণিত উদাহরণটি এই পদ্ধতির ব্যাখ্যা স্বরূপ গণা করা যাইতে পারে।

উদাহরণ:

একটি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয়েব জন্য 80 gms শর্করের একটি প্লাটিনামের বল উহান ভিতর রাখা হইল। যখন বলটি চুল্লীর তাপমাত্রা লাভ করিল তখন উহাকে দ্রুত একটি জলপূর্ণ ক্যালরিমিটারে স্থানান্তরিত করা হইল। জলসহ ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 15°C হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 20°C হইল। জলের ওজন ও ক্যালরিমিটারের জল-সম উভয়ে মিলিয়া 400 gms হইলে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্লাটিনামের আঃ তাঃ = 0.0365 .

[In order to determine the temperature of a furnace, a platinum ball weighing 80 gms is introduced into it. When it has acquired the temperature of the furnace, it is transferred quickly to a calorimeter containing water at 15°C. The temperature rises to 20°C. If the weight of water, together with the water-equivalent of the calorimeter be 400 gms, calculate the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0.0365.]

উ। ধব, চুম্বীণ তাপমাত্রা = $t^{\circ}\text{C}$. স্বতরাং প্লাটিনাম বলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = $t^{\circ}\text{C}$,

উত্তপ্ত বল কটক বজ্রিত তাপ = বলের ভব \times প্লাটিনামের আঃ তাঃ

\times তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 80 \times 0.0365 \times (t - 20)$$

$$= 8 \times 365 \times (t - 20)$$

$$= 2.92 t - 58.4 \text{ cal.}$$

জল ও কালবিন্দিটীর কটক গৃহীত তাপ = জল-সম \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 400 \times (20 - 15)$$

$$= 400 \times 5$$

$$= 2000 \text{ cal.}$$

যেহেতু, বজ্রিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\therefore 2.92 t - 58.4 = 2000$$

$$\text{or, } 2.92 t = 2058.4$$

$$\therefore \text{or, } t = \frac{2058.4}{2.92} = 704.9^{\circ}\text{C. (প্রায়)}$$

2.16. জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হইবার ফল (Effects of high specific heat of water) :

জলের আপেক্ষিক তাপ 1 এবং ইহা অস্বাভাবিক কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা বেশী। নির্দিষ্ট পরিমাণ জল 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যে তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে সমস্তব যে-কোন কঠিন বা তরল পদার্থ ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য অনেক কম তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে। জলের এই উচ্চ

আপেক্ষিক তাপের জলকে আমরা তাপশক্তির এক বিরাট ভান্ডার (store-house) বলিয়া মনে করিতে পারি এবং ইহা উষ্ণ অথবা শীতলীকরণের একটি বিশেষ সহায়ক বস্তু। শীতলীকরণের জল স্টীম-এঞ্জিন বা পেট্রোল এঞ্জিনে জল ব্যবহৃত হয় এবং উষ্ণকরণের জল গরমজলেব বোতল বা গরমজলের ব্যাগ (hot-water bag) ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া শীতপ্রধান দেশে বাড়ীর গরম রাখিবার জল পাইপের সাহায্যে ঘরে ঘরে গরম জলের প্রবাহ পাঠানো হয়। সমুদ্রের বিরাট জলরাশিতে প্রচুর তাপশক্তি সঞ্চিত থাকে। ইহা না পারকম ভাবে সমুদ্র-তীরবর্তী স্থানসমূহের জলবায়ুকে প্রভাবান্বিত করে। সমুদ্রতীরস্থ স্থান নাতিশীতোষ্ণ - অথবা শীতকালে খুব ঠাণ্ডা হয় না আবার গ্রীষ্মে খুব গরম হয় না। তাই বলা হয় সমুদ্র উপকূলে চিরবসন্ত বিজ্ঞমান। জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হওয়ায়, জল আপেক্ষা স্থল দ্রুত উত্তপ্ত হয় এবং তাপ প্রভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা হয়। ইতার ফলে স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ুর (land and sea breeze) উদ্ভব হয়।

2-17. লীন-তাপ (Latent heat) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রদান করিলে বস্তু তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। থার্মোমিটারের সাহায্যে এই তাপমাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া আমরা বুঝিতে পারি যে বস্তুটি তাপ গ্রহণ করিতেছে। এই তাপকে সাধারণত 'বোধগম্য' (sensible) তাপ বলা হয়। কিন্তু (১) তাপমাত্রার একপল্লবও যদি তাপ প্রদান করা হয় তবে দেখা যাইবে যে থার্মোমিটার কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখাইতেছে না। অর্থাৎ তাপ গ্রহণ করিয়া বরফ আশে আশে গলিয়া যাউতেছে। দ্রবীভবন পর্যন্ত সমস্ত বরফ টুকরাটি গলিয়া ফস হইবে। দ্রবীভবন পর্যন্ত তাপ প্রদান সত্ত্বেও তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না। পরে যখন বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া ফল হইবে তখন সেই জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। তাহা হইলে বরফ টুকরাটির গলন শুরু হইতে শেষ পর্যন্ত যে-তাপ প্রদান করা হইল তাহা কোথায় গেল? এই তাপ বরফ টুকরাটির গলনের সাহায্য করিল এবং ইহাব কোন বাহ্যিক প্রকাশ হইল না। এইরূপ যে-কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। এইজন্য এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

আবার থার্মোমিটারে জল লইয়া যদি আশে আশে ঠাণ্ডা করা যায় তবে থার্মোমিটারে তাপমাত্রার হ্রাস দেখা যাইবে। জল ঠাণ্ডা করার অর্থ এই

যে জল উহার নিজস্ব তাপ আশ্রয় আশ্রয় বর্জন করিতেছে। এইভাবে তাপবর্জন করিতে করিতে যখন জলের তাপমাত্রা 0°C পৌছাইবে, তখন জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। ঠিক তখনই থার্মোমিটারে আর কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখা যাইবে না। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত জল বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেডেই থাকিবে যদিও সমস্ত সময়টুকু জল তাপ বর্জন করিতে থাকিবে। এইরূপ যে-কোন তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে কিছু তাপ বর্জন কবে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। ইহাকেও লীন-তাপ বলে।

অর্থাৎ, পদার্থের অবস্থান্তর হইলেই উহা কিছু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে যাহার বাহ্যিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকেই লীন-তাপ বলা হয় কারণ এই তাপ পদার্থে লীন (hidden) হইয়া থাকে।

2-18. গলনের লীন-তাপ (Latent heat of fusion) :

তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের এক একক ভরকে কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন ইহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হয়।

সি. জি. এস. পদ্ধতিতে ভর এক গ্রাম ও তাপের একক ক্যালরি। সুতরাং এই পদ্ধতিতে কোন পদার্থের এক গ্রাম ভরকে তাপমাত্রা পরিবর্তন না করিয়া কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন হয় উহাকেই উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হইবে।

যেমন, বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি। ইহা অর্থ 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফকে 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জলে পরিণত করিতে 80 ক্যালরি তাপ প্রদান করিতে হইবে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে 1°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফের সহিত 1°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জলের পার্থক্য আছে। পার্থক্য এই যে উক্ত জলে উক্ত বরফ অপেক্ষা 80 ক্যালরি বেশী তাপ রহিয়াছে।

এই কারণে 0°C তাপমাত্রায় জল বাথিলে জল তরল অবস্থাতেই থাকিবে। উহাকে বরফে পরিণত করিতে হইলে উহা হইতে গ্রাম প্রতি 80 ক্যালরি তাপ নিষ্কাশন করতে হইবে। অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জল যখন 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফে পরিণত হইবে তখন উহা 80 ক্যালরি তাপ বর্জন করিবে।

এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ প্রকাশ করিতে হইলে বরফের ভরকে পাউণ্ড এবং তাপকে ব্রিটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করিতে হইবে। যেহেতু $1 \text{ lb} = 453.6 \text{ gms}$ এবং $1 \text{ B. Th. U.} = 252 \text{ calories}$.

$$\text{এফ্. পি. এন্স. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ হইবে} = \frac{80 \times 453.6}{252} \\ = 144 \text{ B. Th. U.}$$

2-19. মিশ্রণ উপায়ে বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় (Determination of latent heat of fusion of ice by the method of mixture):

একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর। আলোড়কটিতে একটি পাতলা তানের জাল (wire-guage) দিয়া নিতে হইবে। ক্যালরিমিটারেব $\frac{2}{3}$ অংশ জলপূর্ণ করিয়া উহাকে পুনরায় ওজন কর। এই জল ওজনের পার্থক্য হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। ক্যালরিমিটারে পার্শোমিটার প্রবেশ করাইয়া জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখ।

অতঃপর কয়েক টুকরা বরফ ব্রিটিশ কাগজ দ্বারা শুষ্ক করিয়া তাড়াতাড়ি ক্যালরিমিটারেব জলে ফেলিয়া দাও এবং আলোড়কেব জালদ্বারা সর্বদা জলের ভিতর রাখিয়া আশে আশে নাড়িতে থাক। বরফ গলিতে থাকিবে এবং জলের তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে। যখন সমস্ত বরফ গলিয়া যাইবে তখন জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া যখন ক্যালরিমিটারেব জলের তাপমাত্রা লাভ করিবে তখন উহাকে পুনরায় ওজন কর। দ্বিতীয় ওজন হইতে এই ওজনের পার্থক্য হইতে বরফ লওয়া হইল উহার ওজনের সমান।

গণনা :

ধরা যাউক, বরফ গলনের লীন-তাপ $= L \text{ cal.}$

ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1 \text{ gms.}$

ক্যালরিমিটার + জলের ওজন $= m_2 \text{ gms.}$ ১৭টা

ক্যালরিমিটার + জল + বরফগলা জলের ওজন $= m_3 \text{ gms}$ ইহাতে

ক্যালরিমিটার ও জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1^\circ \text{ C}$ ১। পরে

ক্যালরিমিটার, জল ও বরফগলা জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা $= t_2^\circ \text{ gms.}$ যদি

ক্যালরিমিটার যে-ধাতুতে নির্মিত উহার আঃ তাঃ $= s$ ।

[A copper calorimeter weighs 112.5 gms. and with certain amount of water it weighs 187.5 gms. The temperature of water is 30°C. When a few pieces of ice are dropped in water, the temperature falls to 24.5°C. When the calorimeter is re-weighed it was found to be 192 gms. If the sp. heat of copper be 0.1, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। ধর, বরফ গলনের লীনতাপ = L cal.

$$\text{জলের ওজন} = 187.5 - 112.5 = 75 \text{ gms.}$$

$$\text{বরফের } ,, = 192 - 187.5 = 4.5 \text{ ,,}$$

$$\begin{aligned} \text{শুধু বরফ গলিবাব জগা প্রয়োজনীয় তাপ} &= \text{বরফের ভন} \times \text{লীন-তাপ} \\ &= 4.5 L \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{বরফ গলা জলের তাপমাত্রা } (0^\circ\text{C} \text{ হইতে } 24.5^\circ\text{C} \text{ বৃদ্ধির জগা প্রয়োজনীয় তাপ}) \\ &= \text{জলের ভন} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \\ &= 4.5 \times (24.5 - 0) = 4.5 \times 24.5 = 110.25 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং মোট গৃহীত তাপ} = 4.5 L + 110.25 \text{ cal}$$

ক্যালরিমিটার কতক হ্রাস তাপ

$$\begin{aligned} &= \text{ইহার ভন} \times \text{আঃ তাঃ} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 112.5 \times 0.1 \times (30 - 24.5) \\ &= 112.5 \times 0.1 \times 5.5 \\ &= 61.87 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{জল কতক বর্জিত তাপ} &= \text{ইহার ভন} \times \text{তাপমাত্রার হ্রাস} \\ &= 75 \times (30 - 24.5) \\ &= 75 \times 5.5 \\ &= 412.5 \text{ cal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{মোট বর্জিত তাপ} &= 412.5 + 61.87 \\ &= 474.37 \text{ cal} \end{aligned}$$

$$\text{যেহেতু গৃহীত তাপ} = \text{বর্জিত তাপ}$$

অতএব,

$$4.5 L + 110.25 = 474.37$$

$$\text{অথবা, } 4.5 L = 364.12$$

$$\therefore \text{হঃপ্রঃ } L = \frac{364.12}{4.5} = 80.9 \text{ cal.}$$

(2) 2.86 gms ওজনের একখণ্ড বরফ 35°C তাপমাত্রায় 45 gms কৈন তেলে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যে-ক্যালরিমিটারের ভিতর তেল রাখা আছে উহার জল-সম 7.5 gms. তেলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25°C হইল। তেলের আঃ তাঃ 0.5 হইলে বরফ-গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A piece of ice weighing 2.86 gms. is dropped into 45 gms of an oil at 35°C. The water-equivalent of the calorimeter containing the oil is 7.5 gms. The final temperature of the oil is 25°C. If the sp. heat of the oil be 0.5, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। 2.86 gms বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = $2.86 \times L$ cal.

2.86 gms বরফ গলা জল 0°C হইতে 25°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে প্রয়োজনীয় তাপ = $2.86 \times (25 - 0)$

$$= 2.86 \times 25 = 71.5 \text{ cal.}$$

ক্যালরিমিটার কতক বজিত তাপ = ইহার জল-সম \times তাপমাত্রার হ্রাস

$$= 7.5 \times (35 - 25)$$

$$= 7.5 \times 10$$

তেল কতক বজিত তাপ = ইহার ভল \times আঃ তাঃ \times তাপমাত্রার হ্রাস

$$= 45 \times 0.5 \times (35 - 25)$$

$$= 45 \times 0.5 \times 10$$

$$= 225 \text{ cal.}$$

যেহেতু, মোট গৃহীত তাপ = মোট বজিত তাপ

$$\text{অর্থাৎ, } 2.86 \times L + 71.5 = 75 + 225$$

$$= 300$$

$$\text{অর্থাৎ, } 2.86 \times L = 228.5$$

$$\therefore L = \frac{228.5}{2.86} = 79.8 \text{ cal (প্রায়)}$$

(3) 10°C তাপমাত্রায় 5 gms বরফ 39°C তাপমাত্রায় 20 gms জলে দেওয়া হইল। সমস্ত বরফ গলিবে কি? গলিলে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কত হইবে?

[বরফের আঃ তাঃ = 0.5 এবং গলনের লীন-তাপ = 80 cal]

[5 gms. of ice at -10°C are mixed with 20 gms. of water at 39°C. Will all ice melt? If so, what is the final

temperature of the mixture? Sp. heat of ice = 0.5 and latent heat of fusion of ice = 80 cal.]

উ। বরফ গলিতে গেলে প্রথমত বরফকে -10°C হইতে 0°C তাপমাত্রায় আসিতে হইবে এবং অতঃপর প্রতি গ্রামে 80 cal. তাপ লইয়া গলিতে হইবে। এই প্রয়োজনীয় তাপ যদি উষ্ণ জল হইতে পাওয়া যায় তবে সমস্ত বরফ গলিবে।

প্রথম স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ = বরফের ভর \times ইহার আঃ তাঃ

$$\begin{aligned} & \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি} \\ & = 5 \times 0.5 \times [0 - (-10)] \\ & = 5 \times 0.5 \times 10 \\ & = 25 \text{ cal.} \end{aligned}$$

দ্বিতীয় স্তরের জল প্রয়োজনীয় তাপ = $5 \times 80 = 400$ cal.

সুতরাং মোট প্রয়োজনীয় তাপ = $400 + 25 = 425$ cal

20 gms উষ্ণ জলের 39°C হইতে 0°C তাপমাত্রা হ্রাস পাঠিতে মোট বর্জিত তাপ = $20 \times (39 - 0) = 20 \times 39 = 780$ cal.

যেহেতু বর্জিত তাপ সমস্ত বরফ গলিবার জল প্রয়োজনীয় তাপ অপেক্ষা বেশী কাজেই পোকা যাইতেছে যে সমস্ত বরফ গলিবে এবং যে অতিরিক্ত তাপ থাকিবে তাহা মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কিছু বৃদ্ধি করিবে।

ধরা যাউক, মিশ্রিত জলের শেষ তাপমাত্রা $t^{\circ}\text{C}$. কাজেই উষ্ণ জলের তাপমাত্রা 39°C হইতে $t^{\circ}\text{C}$ হ্রাস পাইলে বর্জিত তাপ = $20 \times (39 - t) = 780 - 20 \times t$ cal.

বরফকে -10°C হইতে 0°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয় তাপ = 25 cal [উপরে দেখ]।

বরফকে শুধু গলাইবার জল প্রয়োজনীয় তাপ = $5 \times 80 = 400$ cal.

বরফ গলা জলের 0°C হইতে $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জল প্রয়োজনীয়

$$\text{তাপ} = 5 \times (t - 0) = 5 \times t \text{ cal.}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গ্রহীত তাপ

$$\text{অতএব, } 780 - 20 \times t = 425 + 5 \times t$$

$$\text{অথবা, } 25 t = 355$$

$$\therefore t = \frac{355}{25} = 14.2^{\circ}\text{C.}$$

13

তাপেব একক :—

(৩) খার্ম : ১০০,০০০ পাউণ্ড জলের ১° F তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপেব প্রয়োজন তাহাকে খার্ম বলে।

কোন পদার্থের আঃ ভাঃ

কেন্দ্র বিন্দুতে অবস্থিত 'm' হ্রস্ব এবং ঐ পদার্থের অণুগুলি তাপ সঞ্চয় করে।

ତ.ପ.ଗା.ସିତା : କୋମ ଦମ୍ଭର ୧୦ ତାମସ,ବ୍ରା.ସ୍ଵାଧିକାର ଯେଉଁ ପ୍ରାୟ,ଜନ ଆହାଙ୍କେ
 ଦମ୍ଭର ତ.ପ.ଗା.ସିତା ଦାନ ।

বহুত জন-সম : --কোন দপ্তর । (১) তপস্বীরা বুদ্ধি বজায় রাখতে, তপস্বীরা তাহা।
যত গ্রাম জনকে । (২) উচ্চ কবিতা তাহাকে উচ্চ দপ্তর জন-সম বলে।

ক্যালোরিমিতির সূত্র : - 1 এবং 2 দুইটি বস্তুর প্রিতত তাপের আদান-প্রদান হইলে ক্যালোরিমিতির সূত্রানুযায়ী, A কর্তৃক বর্জিত তাপ 2 কর্তৃক গৃহীত তাপ।

লীন-তাপ :—পদার্থের অবস্থান্তর হইলে উহা কিছু তাপ নষ্ট বা গ্রহণ করে থাকে। কোন বাষ্পিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

পদার্থ গলনের লীন-তাপ :—তাপমাত্রা য কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের একক ভরকে কঠিন অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন উহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলে।

বরফ গলনের লীন-তাপ 80-ক্যালরি প্রতি গ্রামে।

1. নিম্নলিখিত বাণিজ্যিক সঠিক সংজ্ঞা লেখ :—(i) আপেক্ষিক তাপ (ii) ক্যালরি (iii) ব্রিটিশ থার্মাল একক (iv) থার্ম (v) তাপগ্রাহিতা ও (vi) জল-সম।

[Define the following terms ; (i) Specific heat (ii) Calorie (iii) British thermal unit (iv) Therm (v) Thermal capacity (vi) Water-equivalent.]

2. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা লেখ। আপেক্ষিক তাপ কি (i) ভরের একক এবং (ii) তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে? নির্ভর করিলে কি ভাবে করে?

কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Define 'specific heat' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used.]

Describe a method of determining the specific heat of a solid

[II S (Comp) 1962]

3. 100°C তাপমাত্রায় এক পাউন্ড লোহা ও এক পাউন্ড পানি বরফে রাখিলে লোহা বেশী বরফ গলায় কেন?

[Why does a pound of iron melt more ice than a pound of lead being at a same temperature of 100°C ?]

4. সমান ভরের বিভিন্ন দ্রব্যে সমান তাপ প্রয়োগ করিলে তাপমাত্রা কি ভিন্ন হইবে?

[Will the temperature be different if same quantity of heat is supplied to different substances of same mass ?]

5. বস্তুর তাপগ্রাহিতা ও জল-সম কতাকে বলে? উভাদের মধ্যে পার্থক্য কি?

[What do you mean by thermal capacity and water-equivalent of a body ? What is the difference between the two ?] [II. S. (Comp) 1960, 1961]

6. সোয়ান আপেক্ষিক তাপ 0.08—ইহা ব্যাখ্যা কর। তাপগ্রাহিতার সংজ্ঞা লেখ। দুইটি একই ধরনের কেটলেতে সম-পরিমাণ জল ও দুধ ভরিয়া অ.ভ.নব উপর পাশাপাশি রাখা হইল। একে আপেক্ষিক দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি দ্রুত দেখা গেল। ইহা ব্যাখ্যা কর।

[Explain 'Specific heat of lead is 0.08'. Define 'Thermal capacity'.

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain.]

[H. S. Exam. 1960]

7. বিস্তারিত বিবরণ সহ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির নিয়মিত পদ্ধতি বর্ণনা কর : (ক) ক্যালরি (খ) জল-সম, (গ) কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ, (ঘ) তরলের আপেক্ষিক তাপ।

[Describe in detail the methods of determining the following : (a) Water-equivalent of a calorimeter. (b) Specific heat of a solid, (c) Sp. heat of a liquid.] [cf. II. S. Exam. 1960]

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে গৃহীত তাপ নির্ণয় কর :—(i) 75 gms জলকে 16°C হইতে 100°C এ উষ্ণ করিতে (ii) 86 lbs জলকে 60°F হইতে 212°F পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iii) 5 litres

জলকে 15°C হইতে 80°C পৰ্যন্ত উষ্ণ করিতে (iv) 7 gms তামাকে 15°C হইতে 200°C পৰ্যন্ত উষ্ণ করিতে (তামার আপেক্ষিক তাপ = 0.1) ।

[Calculate the heat absorbed in the following cases : (i) To raise 75 gms of water from 16°C to 100°C ; (ii) 1 lb of water from 60°F to 212°F ; (iii) 5 litres of water from 15°C to 80°C ; (iv) 7 gms of copper from 15°C to 200°C . (sp. ht. of Cu = 0.1)]

[Ans. (i) 6800 cal ; (ii) 5472 B. Th. U. ; (iii) 825,000 cal. ; (iv) 129.5 cal.]

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ধাতুগুলির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর :—(i) 15°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে 100°C তাপমাত্রার 100 gms তামা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 19°C -এ বর্ধিত হইল ; (ii) 16°C তাপমাত্রায় 100 gms জলে 99°C তাপমাত্রার 800 gms সীসা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 28°C -এ বর্ধিত হইল ; (iii) 50°F তাপমাত্রার 1.25 lb. জলে 200°F তাপমাত্রার 1 lb পদ্ম মিশ্রণে হইলে জলের তাপমাত্রা 58.5°F -এ বর্ধিত হইল ।

[Calculate the specific heat of metals in the following cases : (i) 100 gms of copper at 100°C when dropped into 200 gms of water at 15°C , the temperature of water became 19°C ; (ii) 800 gms of lead at 99°C when dropped into 100 gms of water at 16°C , the temperature of water became 28°C ; (iii) 1 lb of mercury at 200°F when mixed with 1.25 lb of water at 50°F , the temperature of water became 58.5°F] [Ans. (i) .0988 ; (ii) .0807 ; (iii) .0299]

10. একটি ঘন 50 litres বায়ু আছে। উহার গুরুত্ব 1.8 gms/litre এবং আপেক্ষিক তাপমাত্রা 40°C , এই বায়ুকে 50°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করিতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? বায়ুর আপেক্ষিক তাপ = 0.24

[A room contains 50 litres of air at 40°C weighing 1.8 gms/litre. How much heat is required to raise the temperature of the air to 50°C ? Sp. heat of air = 0.24] [Ans. 150 cal]

11. 50°C তাপমাত্রায় 50 gms জল একটি পাত্রে দেয়া হইল। এই পাত্রে 12°C তাপমাত্রার 40 gms জল ছিল। মিশ্রিত জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 46°C হইলে পাত্রটির জল-সম নির্ণয় কর ।

[A vessel contains 40 gms of water at 12°C . Into this water are added 50 gms of water at 50°C . The final temperature of the mixture is 46°C . Calculate water-equivalent of the vessel.] [Ans. 10 gms]

12. 100 gms একটি বস্তুকে 122°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। 28°C তাপমাত্রার 300 gms জলে ফেলা হইল। এই জল 50 gms গুরুত্বের একটি তামার ক্যালরিমিটারে রাখা হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হইল 80°C , তামার আপেক্ষিক তাপ 0.09 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ কত ?

[A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 300 gms of water, at 28°C , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 80°C . If the specific heat of copper be 0.09 , calculate that of the material of the body.]

[H. S. (comp) 1962] [Ans. .066]

13. একটি তাম্র পাত্রে 80°C তাপমাত্রায় 600 gms. জল আছে। পাত্রটির জলসহ 60 gms. একটি বুনসেন বার্নার বাহা প্রতি সেকেন্ডে 100 calories তাপ উৎপন্ন করিতে পারে তাহা দ্বারা জল গরম করা হইল। জলকে ফুটনায়ে পৌঁছাইতে হইলে কত সময় লাগিবে?

[A copper vessel of water equivalent 60 gms., contains 600 gms of water at 80°C . A Bunsen burner, adjusted to supply 100 calories per second is used to heat the vessel. Calculate the time required to raise the water to the boiling point.] [Ans. 7 min. 42 sec.]

14. 100°C তাপমাত্রায় 80 gms লোহা 20°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে ফেলিলে মিশ্রণের তাপমাত্রা কত হইবে নির্ণয় কর। শুধু জল 50 gms ওজনের একটি লোহা পাত্রে ছিল। লোহা-র আপঃ তাঃ = 0.12

[80 gms of iron at 100°C are dropped into 200 gms of water at 20°C . The water was contained in an iron vessel weighing 50 gms. Calculate the temperature of the mixture. Sp. heat of iron = 0.12] [Ans. 28.5°C]

15. একটি 200 gms ওজনের প্লাটিনাম বল ফুটাইতে 0°C তাপমাত্রায় 150 গ্রাম জলে ফেলা হইল। যদি প্লাটিনাম বল কর্তৃক বিজ্ঞপ্ত সম্পূর্ণ তাপ জল গরম করে এবং জলের তাপমাত্রা 80°C হয়, তবে ফুটাইতে তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর। প্লাটিনাম-র আপঃ তাঃ = 0.031.

[A ball of platinum whose mass is 200 gms is removed from a furnace and immersed in 150 gms of water at 0°C . Supposing the water to gain all heat that platinum ball loses and if the temperature of the water rises to 80°C , determine the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0.031]

[Ans. 755.8°C]

16. 200 gms সর্পাক উত্তপ্ত করিয়া 100°C তাপমাত্রায় রাখা পাত্রটিকে একটি পাত্র দ্বারা 20 gms জল পদার্থে ফেলা হইল। ফলাফল তাপমাত্রা 0.5 তাপমাত্রা তাপমাত্রা 0°C হইলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে? পাত্র কোন তাপ গ্রহণ করে না বলা যাইতে পারে। (সীসা-র আপঃ তাঃ = 0.03)

[200 gms of lead are heated up to 100°C and dropped into a vessel containing 200 gms of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid were 0°C , find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. Sp. heat of lead = 0.03] [H. S. Panik, 1960] [Ans. 56.6°C]

17. কোনটি বেশী পরিমাণে তাপ লাগিবে?

- 500 gms. জলকে 85°C হইতে 95°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে;
- 4 lb. জলকে 100°F হইতে 212°F পর্যন্ত উষ্ণ করিতে।

[Which one of the two following cases requires greater quantity of heat ?

- To heat 500 gms of water from 85°C to 95°C .
- To heat 4 lbs of water from 100°F to 212°F .

[Ans. দ্বিতীয়টিতে]

18. 0.54 আপঃ তাঃ সম্পন্ন 20°C তাপমাত্রায় কিছু তরল 0.86 আপঃ তাঃ সম্পন্ন 11°C তাপমাত্রায় অল্প এক তরল পদার্থের সহিত মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 17°C হইল। তরল পদার্থ দুইটির পরিমাণের অনুপাত কত?

[A liquid of sp. heat 0.54 and temperature 29°C was mixed with another liquid of sp. heat 0.86 and temperature 11°C . The final temperature of the mixture was 17°C . In what proportion were the liquids mixed ?] [Ans. 1 : 8]

১৭. একটি ৬০ lb. ওজনের তাম্র বয়লাবে ৪০ gallons জল আছে। জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা 52°F , ঐ জলকে উত্তপ্ত করিয়া স্ফুটনালৈ লইতে হইলে কত আয়তনের কয়লা গ্যাস প্রয়োজন হইবে? কয়লা গ্যাসের তাপনমূল্য = ৪৪০ B. Th. U./c. ft : 1 gallon = 10 lbs এবং তাম্রের আপেক্ষিক তাপ = 0.1

[What volume of coal gas, having a calorific value of 440 B. Th. U. per c. ft will be needed to heat 40 gallons of water, contained in a copper boiler weighing 60 lbs, from 52°F to boiling point? 1 gallon of water weighs 10 lbs; Specific heat of copper = 0.1] [Ans. 102 c. ft.]

২০. পদার্থ গলনের লীন-তাপ কতটুকু বলে? বরফ গলনের লীন-তাপ ৪০ calories বলিতে কী বুঝায়? ৮

[What is latent heat of fusion of a substance? What is meant by 'latent' heat of fusion of ice is 80 calories?] [H. S. Exam 1961]

২১. বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় করার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

Describe a method of determining the latent heat of fusion of ice.]

২২. কোনটি বেশী ঠাণ্ডা: দুটি ক্রিকেট— 0°C তাপমাত্রার ১০০ গ্রাম বরফ, ন 0°C তাপমাত্রার ১০০ গ্রাম জল?

[Which one produces more cold—100 gms of ice at 0°C or 100 gms of water at 0°C ?]

২৩. সমপরিমাণ গরম জল ও বরফ মিশ্রিত হইল। বরফ গলিয়া জল হইবার পর মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা 0°C হইল। গরম জলের তাপমাত্রা কত ছিল?

[Equal quantities of hot water and ice were mixed. When the ice melted the temperature of the mixture was found to be 0°C . What was the temperature of the hot water?] [Ans. 80°C]

২৪. 40°C তাপমাত্রার ২০০ gms জলকে 10°C তাপমাত্রার ২০০ গ্রাম বরফে কত বরফ গলিতে হইবে?

[How much ice is to be mixed with 200 gms of water to bring down its temperature from 40°C to 10°C ?] [Ans. 66.6 gms.]

২৫. ২ gms বরফের সহিত 45°C তাপমাত্রার ৪ gms জল মিশ্রিত হলে ফল কি? তাপমাত্রা কত হবে?

[What will be the result of mixing 2 gms of ice with 4 gms of water at 45°C ?] [Ans. All ice will melt and final temp. will be 33°C]

২৬. 20°C তাপমাত্রার ১০০ gms টিনকে গলাইতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে? টিনের লীনতাপ = ২৪২ cal; টিন গলনের লীন-তাপ = 14 cal. টিনের আপেক্ষিক তাপ = 0.05.

[How much heat is required to melt 100 gms of tin at 20°C ? Melting point of tin = 232°C ; latent heat of fusion of tin = 14 cal. Sp. heat of tin = 0.05.]
[Ans. 2460 cal.]

27. 40°C তাপমাত্রায় 100 gms জলে 10 gms বরফ ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে?

[10 gms of ice are dropped into 100 gms of water at 40°C . What will be the final temperature of water?] [Ans. 29.09°C]

28. 250 gms গুজনের এক টুকরা লোহাকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া একটি বড় বরফখণ্ডের গর্তের ভিতর ফেলা হইল। ইহাৰ ফলে 84.5 gms বরফ গলিল। গুঃ । লোহাৰ অপেক্ষিক তাপ কত?

[A piece of iron weighing 250 gms is heated upto 100°C and is dropped into the cavity of a block of ice. As a result 84.5 gms of ice melt. Calculate the sp. heat of iron.] [Ans. 0.11]

29. 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 8 lbs তাম্রকে সঞ্চিত 0°C তাপমাত্রায় 2 lbs স্নো মিশাই-
কি হইবে? [তাম্রের গুঃ তাঃ = 0.1, বরফ গলনের লীন-তাপ = 80 cal/gm.]

[What is the result of mixing 8 lbs of copper at 100°C with 2 lbs of ice at 0°C ? Sp. heat of copper = 0.1, latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm.]
[H. S. Exam. 1961] [Ans. 1 lb বরফ গলবে]

30. 'বোধগম্য' তাপ এবং 'লীন-তাপ' মধ্যে পার্থক্য কি? গুঃ, - 0°C তাপমাত্রায় বরফের তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা 50°C এ বৃদ্ধি করা হইল। এল কি উই এ তাহা সাধারণভাবে বর্ণনা কর।

বরফের পরিমাণ 10 gms হইলে উপবোক্ত ক্ষেত্রে মোট কত তাপ প্রদান করা হইল তদ্ব্যাপ্ত
কর (বরফের গুঃ তাঃ = 0.5; বরফের লীন-তাপ = 80 cal/gm.)।

[Distinguish between 'sensible' heat 'latent' heat. State, in general terms the effect of application of heat to ice, say at -8°C until the temperature of 50°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied in the above case, if the mass of ice be 10 gms (Sp. heat of ice = 0.5, latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm).
[H. S. (comp.) 1961] [Ans. 1840 cal]

[Objective Type Questions]

নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির পাশে পাশে কতকগুলি উত্তর দেওয়া হইল। উদ্দেশ্যগুলির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা সম্ভব বলিয়া মনে হইবে তাহা চিহ্নিত কর এবং সংক্ষেপে কারণ দেখাও :-

(i) সমস্তব দুইটি বিভিন্ন পদার্থে সমান তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হয় কেন?

উঃ । পদার্থের ঘনত্বের জন্ত, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের জন্ত, পদার্থের আপেক্ষিক তাপের জন্ত।

(ii) কোন বস্তু তাপগ্রাহিতা কোন্ কোন্ জিনিসেব উপর নির্ভর করে ?

উঃ। বস্তুভর, উহাৰ উপাদান, উহাৰ ঘনত্ব, তাপমাত্রার স্কেল।

(iii) 0°C তাপমাত্রাব বস্তুতে তাপ প্রদান করিলে বস্তুটির তাপমাত্রাব কি বক্রম পরিবর্তন লক্ষিত হইবে ?

উঃ। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে, তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে, তাপমাত্রাব কোন পরিবর্তন হইবে না।

(iv) কিছু জলকে অনেকখানি বস্তুতে দ্বারা আবৃত করিয়া রাখিলে জল জমিয়া যাইবে কি ?

উঃ। জমিবে, জমিবে না।

(v) 'ক্যালরি' কোন বাশির একক ?

উঃ। তাপেব, তাপমাত্রাব, জল-সামান, লীন-তাপেব।

(vi) 100,000 পাউণ্ড জল-ব তাপমাত্রা 1°F বৃদ্ধি করিতে যে-তাপেব প্রয়োজন তাহাবে কি বলা হয় ?

উঃ। আর্থেফিক তাপ, থাম, ব্রিটিশ থামাল একক।

(vii) আর্থেফিক তাপেব সহিত বস্তুভর গুণ করিলে কোন বাশি পাওয়া যায় ?

উঃ। তাপগ্রাহিতা, জল-সম, লীন-তাপ, গড় ক্যালরি।

—————

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কঠিন পদার্থের প্রসারণ

[Expansion of Solids]

১৩-১. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের প্রসারণ (Expansion of solid when heated) :

কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে সাধারণত উহার প্রসারণ হয়। তামা, লোহা, পিতল ইত্যাদি ধাতব পদার্থে এই প্রসারণ খুব উল্লেখযোগ্য।

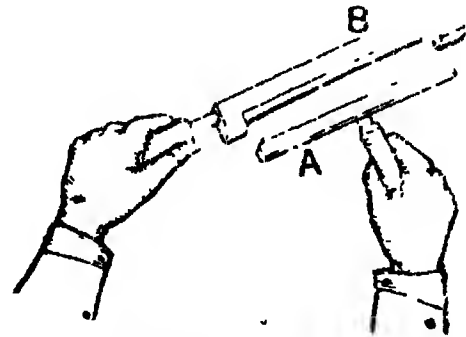
কঠিন পদার্থের এই প্রসারণ তিন রকমের হইতে পারে :

- (১) দৈর্ঘ্য প্রসারণ ,
- (২) ক্ষেত্রফলে প্রসারণ ,
- (৩) আয়তনে প্রসারণ।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সহজ পৰীক্ষা দ্বারা কঠিন পদার্থের বিভিন্ন প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

(১) দণ্ড ও গজ (Bar and Gauge) পরীক্ষা :

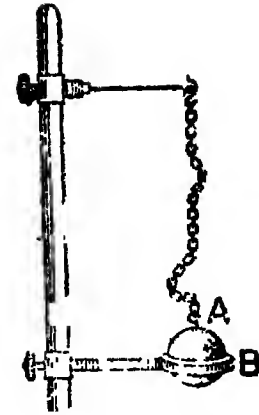
A একটি কাঠের তাতালসহ লোহার দণ্ড। B একটি বায়ু নির্মিত থার্মোমিটার গ্যাসের গজ। A দণ্ডটি ঠাণ্ডা অবস্থায় B-এর ফাঁকের মধ্যে ঠিক ঠিক ফুটিয়া যায় (৩ নং চিত্র)। এখন A দণ্ডকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা B-এর ফাঁকের মধ্যে আব বসিতেছে না। আবার ঠাণ্ডা করিলে ঠিক ঠিক ফাঁকের মধ্যে বসিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে তাপ প্রদানের ফলে A-দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হইয়াছে।



দৈর্ঘ্য প্রসারণের পরীক্ষা
চিত্র ৩ক

(2) বল ও আংটা পরীক্ষা :

A-একটি ফাঁপা পিতলের গোলাকার বল। ইহা ঠাণ্ডা অবস্থায় B-আংটার ভিতর দিয়া ঠিক গলিয়া যাইতে পারে। এখন বলটিকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা আব আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইতেছে না, খানিকটা ঢুকিয়া আটকাইয়া যাইতেছে (3খ নং চিত্র)। এবার বলটিকে পূর্বে ঠাণ্ডা অবস্থায় আনিতে ইহা আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইবে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে তাপ পাইয়া বলটির আয়তনের প্রসারণ হইয়াছে।



আয়তন প্রসারণের পরীক্ষা
চিত্র 3খ

আয়তনের প্রসারণের ফলে বলটির ক্ষেত্র-ফলের প্রসারণ হয়। অতএব ইহা বল যাইতে পারে যে তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রপ্রসারণ ঘটে।

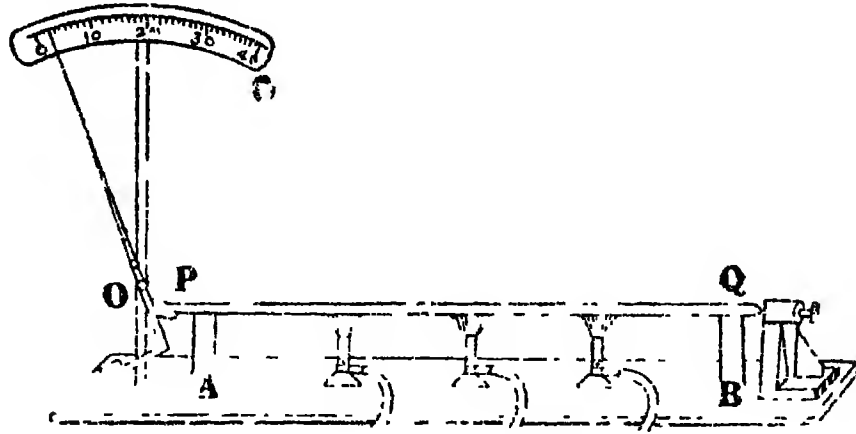
3-2. বিভিন্ন দ্রব্যের প্রসারণ বিভিন্ন :

বিভিন্ন দ্রব্যে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগ করিলে বিভিন্ন প্রসারণ ঘটে। নমুনা বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

(1) কান্ডারনের পরীক্ষা :

PQ একটি দাতব দণ্ড A ও B স্থলদ্বয়ের উপর অক্ষুণ্ণভাবে অবস্থায় রাখা আছে (3গ নং চিত্র)। দণ্ডের Q প্রান্তে একটি ভার সঙ্গে ঢেকানো এবং সেইদিকে প্রসারণের কোন ভাবনা নাই। P প্রান্তে একটি সূচকের সঙ্গে লাগানো। সূচকটি একটি খাড়া দণ্ডের সঙ্গে O বিন্দুতে আটকানো এবং সূচকটি প্রান্তে একটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিতে পারে। Q প্রান্তের দিকে সামনে বা পিছনে সরাইলে P-প্রান্ত সূচককে চাপ দিবে এবং তাৎক্ষণিক ফলে সূচকটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিবে। প্রথমে Q প্রান্তের ভারটি এমনভাবে রাখিতে হইবে যে P-প্রান্তের চাপে সূচক স্কেলের O-দাগের সঠিক মিলিয়া থাকে। তারপর বানার দ্বারা PQ-দণ্ডকে গরম করিলে দেখা যাইবে যে

সূচক স্কেল বাহিয়া আস্তে আস্তে ডানদিকে সরিয়া যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে PQ-দণ্ড উত্তপ্ত হওয়ায় P-প্রান্ত দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হইতেছে এবং ইহার ফলে সূচকের ঐরূপ গতি হইতেছে।



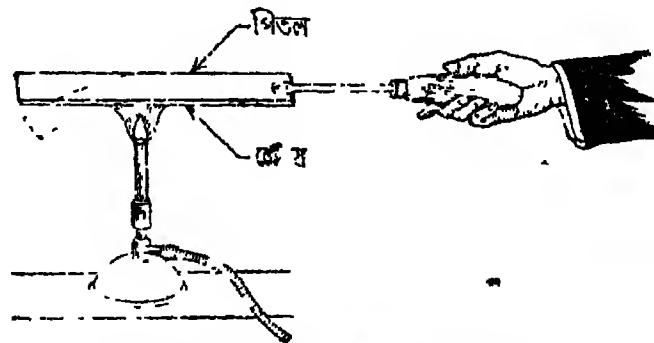
বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন

চিত্র 3গ

সমান দৈর্ঘ্যের বিভিন্ন পদার্থ দণ্ড লইয়া উহাদের যদি সমতাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া উপলোকভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেলের বিভিন্ন দাগ পদার্থ যাততেছে। অর্থাৎ, তাহা প্রমাণ করে যে বিভিন্ন পদার্থ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ বিভিন্ন।

(2) দুই ধাতুর পাতের বকুতা পরীক্ষা (Buckling of a bi-metallic strip) :

পিত্তল ও লোহাণ দুইটি পাত একসঙ্গে রিভেট (rivet) করিয়া



পিত্তলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী

চিত্র 3ঘ

হাট্‌কানো। তাণ্ডা অবস্থায় উহারা সোজা থাকিলে। কিন্তু উহাকে গবন করিলে 3ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ বাকিয়া যাইবে। পিত্তল

ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ আলাদা বলিয়াই ঐরূপ বক্রতার সৃষ্টি হয়, কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ সমান হইলে পাতটি সোজাই থাকিত।

তাছাড়া বক্রতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উপর পিঠে পিতল আছে। অর্থাৎ, পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী।

3-3. দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of linear expansion of solids) :

প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

[দ্রষ্টব্য : প্রকৃতপক্ষে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের মধ্যম সংজ্ঞা বলিতে, গেলে বলিতে হয় যে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে 1°C হইতে 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় তাহাকেই ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। কিন্তু প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 1°C তাপমাত্রা না রাখিয়া অল্প যে কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া পরে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে যে ফল পাওয়া যায় তাহা প্রকৃত দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক হইতে বড় বেশী হয় না। তাছাড়া সবদা প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 1°C তাপমাত্রায় রাখিয়া পরিমাপ করা অন্তর্বিদ্যাজনক। এই সকল কারণে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের মধ্য প্রাথমিক তাপমাত্রা হিসাবে 1°C এর উল্লেখের প্রয়োজন করে না।]

যদি $t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় লোম দণ্ডের দৈর্ঘ্য l_1 ও $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া $t_2^\circ\text{C}$ করিলে দৈর্ঘ্য হইল l_2 .

কাজেই, $(t_2 - t_1)^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দৈর্ঘ্যপ্রসারণ $= l_2 - l_1$

সুতরাং " " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে

$$\text{দৈর্ঘ্যপ্রসারণ} = \frac{l_2 - l_1}{l_1}$$

অথবা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্যপ্রসারণ

$$= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কে য' (অলফা) বলা হয়, তবে উহার সংজ্ঞানুযায়ী

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } l_2 - l_1 = \alpha \cdot l_1 (t_2 - t_1)$$

$$\therefore l_2 = l_1 \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক দুইটি দৈর্ঘ্যের অতুলাত হওয়ায় দৈর্ঘ্যের এককের উপর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ভর করে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে।

যেমন, লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 000012 বলিতে এই বুঝায় যে 1 cm. বা 1 ft. বা 1 yard লম্বা লোহা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে 000012 cm. বা 000012 ft. বা 000012 yard দৈর্ঘ্যে বাড়িবে। কিন্তু যদি তাপমাত্রা ফারেনহাইট এককে বলা হয় তবে ইহার মান আলাদা হইবে। যেহেতু $1^\circ\text{F} = \frac{5}{9}^\circ\text{C}$, 11 ডিগ্রি লোহা দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক এক্ষেত্রে $000012 \times \frac{5}{9} = 0000067$ হইবে।

কয়েকটি পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের তালিকা

পদার্থ	প্রতি ডিগ্রী সেন্টি:	প্রতি ডিগ্রী ফা:
পিত্তল	000019	000011
লোহা	000012	0000067
ইস্পাত	000011	0000061
তামা	000017	0000097
জার্মান সিলিং	000018	00001
ইনডিয়াম	0000000	0000005
(নিকেল-ইস্পাত সংকব পাত)		

উদাহরণ :

(1) একটি তামার দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় 2 metres দীর্ঘ। উহাকে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পদার্থ 200.68 cms হয়। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কত ?

[A copper bar is 2 metres long at 0°C. If its temperature is raised to 200°C, its length becomes 200.68 cms. What is the co-efficient of linear expansion of copper ?]

উ। এখানে $l_1 = 2 \text{ metres} = 200 \text{ cms.}$

$$l_2 = 200.68 \text{ cms.}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 200^\circ\text{C}$$

সুতরাং,

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{200.68 - 200}{200(200 - 0)} = \frac{.68}{200 \times 200} \\ &= \frac{68}{4} \times 10^{-6} \\ &= 17 \times 10^{-6}\end{aligned}$$

(2) একটি ধাতুদণ্ড 68°F তাপমাত্রায় 8 ft. দীর্ঘ। উহার তাপমাত্রা 110°F করিলে কতখানি দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হইবে? (ধাতুর দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণক $.0000094$ প্রতি ডিগ্রী ফাঃ।)

[A metal bar is 8 ft. long at 68°F . How much expansion in length would take place at 110°F ? α for the metal = $.0000094$ per $^\circ\text{F}$.]

উ। আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অতএব, } .0000094 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{8(110 - 68)}$$

$$\begin{aligned}\text{অতএব, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= .0000094 \times 8 \times 42 \\ &= .0031584 \text{ ft.}\end{aligned}$$

(3) 59°F হইতে 100°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে একটি দস্তাবেজের দৈর্ঘ্য 5 mm. প্রসারিত হইল। দস্তাবের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য কত ছিল? দস্তাবের $\alpha = 0.000029$ per $^\circ\text{C}$.

[What must be the length of a rod of zinc at 59°F , if its length is to increase by 5 mm., when the temperature is raised to 100°C ; α for zinc = 0.000029 per $^\circ\text{C}$.]

[H. S. Exam., 1960]

উ। প্রথমে 59°F তাপমাত্রাকে সেন্টিগ্রেড স্কেলে রূপান্তরিত করিতে হইবে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$\text{এখানে } F = 59, \text{ কাজেই } \frac{C}{5} = \frac{59 - 32}{9} = \frac{27}{9} = 3 \therefore C = 15^\circ$$

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য \times প্রসারণ গুণক \times তাপমাত্রা ভেদ,

কাজেই, $0.5 = 1 \times 0.000029 \times (100 - 15)$

[l = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য]

অথবা, $0.5 = 1 \cdot 000029 \times 85$

$$\therefore l = \frac{0.5}{0.000029 \times 85}$$

$$= \frac{0.5 \times 10^6}{29 \times 85} = \frac{5 \times 10^5}{29 \times 35} = 202.9 \text{ cm}$$

মুতরাং প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 202.9 cm.

[**দ্রষ্টব্য :** উপবোক্ত উদাহরণগুলির বিভিন্ন বাশির এক-এ লক্ষ্য কর।]

3-4. ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক (Co-efficient of surface expansion) :

প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রতি 1' ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যেকোনো প্রসাধন হয় উহানে ঐ পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণক দ্বারা হয়।

ধরা যাউক, $t_1^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় কোন দ্রাব্য প্লেটেব ক্ষেত্রফল S_1 এবং
দ্রবিত তাপমাত্রা $t_2^{\circ}\text{C}$ -এ ক্ষেত্রফল S_2 .

স্থিতবা: $(t_2 - t_1)^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ক্ষেত্র প্রসারণ $= S_2 - S_1$

অথ ১। " " " " একক ক্ষেত্রফলের ক্ষেত্র প্রসাধন
= $\frac{S_2 - S_1}{S_1}$

$$\text{স্থতরাং IC} \quad " \quad " \quad " \quad " = \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$$

যদি ক্ষেত্র প্রমাণ গুণক β (টা) বলা যায় তবে ইহা ন ম'জ্ঞানুযায়ী

$$\beta = \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)} = \frac{\text{ক্ষেত্র-পরিবর্তন}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্র} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, $S_2 - S_1 = \beta S_1(t_2 - t_1)$

$$\therefore S_2 = S_1 \{1 + \beta(t_2 - t_1)\}$$

[**জট্টব্য :** দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণকের তায় এখানেও প্রাথমিক ক্ষেত্রফল 0°C তাপমাত্রায় পরিমাপ করা উচিত। কিন্তু প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C না লইয়া অন্য কিছু পাইলে এমন কিছু ত্রুটি হইবে না।]

৩-৬. আয়তন প্রসারণ গুণক (Coefficient of volume expansion) :

দশা যাউক, t_1 °C তাপমাত্রার কোন দ্রব গোলক (sphere) আয়তন V_1 এবং বর্ণিত তাপমাত্রা t_2 °C-এ আয়তন V_2 .

“ “ “ “ একক অবতানে অদ্বিতন প্রদান

$$= \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

$$\therefore \text{I}^{\circ}\text{C} \quad " \quad " \quad " \quad " = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$$

অথবা, $V_2 - V_1 = V_1(t_2 - t_1)$

$$V_2 = V_1 \{1 + i(t_2 - t_1)\}$$

পূর্বের মত আয়তন প্রসারণ গুণক আয়তনের এককের উপর নির্ভর করিবে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করিবে। যেমন, লোহার আয়তন প্রসারণ গুণক 0.00036 বলিতে ইহা ই বুঝায় যে 1 c.c. বা 1 c.ft. বা 1 c.yd. লোহার গোলক 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যথাক্রমে 0.00036 c.c. বা 0.00036 c.ft. বা 0.00036 c.yd. বৃদ্ধি পাইবে*। ফারেনহাইট তাপমাত্রায় ইহার মান $\frac{5}{9} \times 0.00036 = 0.0002$.

3-6. প্রসারণের তিন গুণকের সম্পর্ক (Relation between the three co-efficients of expansion) :

কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ গুণকগুলি সম্পর্কযুক্ত। নিম্নলিখিত উপায়ে এই সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাউক একটি প্লেটের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই 1 cm, সুতরাং উহার ক্ষেত্রফল 1 sq.cm.

এখন যদি উহার তাপমাত্রা 1°C ডিগ্রী বৃদ্ধি করা যায়, তবে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই বাড়িবে $(1+x)$ হইবে। [যদি ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণক α পরা হয়]

$$\begin{aligned}\text{যেহেতু, এখন উহার ক্ষেত্রফল} &= (1+x)^2 \\ &= 1+2x+x^2 \\ &= 1+2x \quad [\alpha \text{ খুব ছোট বলিয়া } x^2 \text{ কে} \\ &\quad \text{অগ্রাহ্য করা যায়}] \end{aligned}$$

প্লেটের পূর্বের ক্ষেত্রফল = 1 sq. cm.

$$\therefore \text{ক্ষেত্র প্রসারণ} = 2x$$

কিন্তু যেহেতু প্রাথমিক ক্ষেত্রফল এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C . সুতরাং উক্ত ক্ষেত্র প্রসারণই সেই প্রসারণ গুণকের সমান। অর্থাৎ,

$$\beta = 2x = 2 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক।}$$

যদি 1 cm. দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাসম্পন্ন ঘনক লওয়া যায় তাহা হইলে উহার আয়তন = 1 c.c.

এহার তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিলে, উহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটিই $(1+x)$ হইবে।

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং ঘনকের বর্তমান আয়তন} &= (1+x)^3 = 1+3x+3x^2+x^3 \\ &= 1+3x \quad (\alpha^2 \text{ এবং } \alpha^3 \text{ উপেক্ষণীয়}) \end{aligned}$$

$$\text{ঘনকের প্রাথমিক আয়তন} = 1 \text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং, আয়তন প্রসারণ} = 3x$$

কিন্তু, যেহেতু প্রাথমিক আয়তন এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C লওয়া হইয়াছে সুতরাং উক্ত আয়তন প্রসারণই আয়তন প্রসারণ গুণকের সমান।

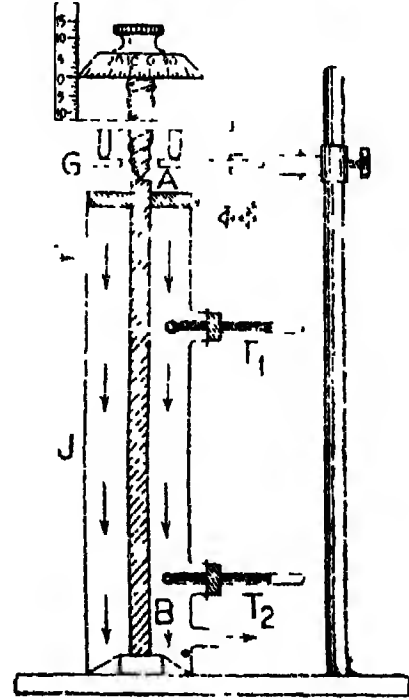
$$\begin{aligned}\text{অর্থাৎ,} \quad \gamma &= 3x \\ &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}\end{aligned}$$

$$\text{সুতরাং} \quad x = \beta/2 = \gamma/3$$

3-7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of linear expansion of solid) :

পরীক্ষাগারে পুলিঞ্জারের যন্ত্র দ্বারা অতি সহজে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়। 3৬ নং চিত্রে ঐ যন্ত্রের ছবি দেখান হইল।

বিবরণ : J একটি ধাতব চোঙ। ইহার ভিত্তর যে পদার্থের গুণক নির্ণয় করিতে হইবে উহার একটি দণ্ড AB ঢুকানো আছে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত B একটি কাচ বা মার্বেল প্লেটের উপর বস্কৃত। অর্থাৎ, দণ্ডটির নিম্নপ্রান্তে প্রসারণের কোন সুবিধা নাই। উপরের প্রান্ত একটি কর্কেব ফুটা দিয়া একটু বাহির করা এবং ঐ দিকে প্রসারণের জায়গা আছে। কর্কটি দ্বারা চোঙের উপরেব মুখ বন্ধ। চোঙের গায়ে উপরে ও নীচে দুইটি ছিদ্র আছে। উপরেব ছিদ্র দিয়া ঈষৎ চোঙে প্রবেশ করিতে পারে এবং নীচেব ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে। তা'ছাড়া চোঙে আব দুইটি ছিদ্র দিয়া T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো যায়। G একটি কাচের প্লেট বাহ্যিক মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। প্লেটের উপর একটি স্ফেরোমিটার এমনভাবে বসানো যায় যে ইহার মাঝখানের পা প্লেটের ছিদ্র দিয়া দণ্ডের উপর প্রান্ত স্পর্শ করিতে পারে।



পুলিঞ্জারের যন্ত্র
চিত্র 3৬

কার্যপ্রণালী :

প্রথমে AB দণ্ডটির দৈর্ঘ্য মাপিয়া লও (l)। সাধারণত এক মিটার লম্বা একটি দণ্ড লওয়া হয়। থার্মোমিটার দ্বারা প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ (t_1)। পরে দণ্ডটি J-চোঙের ভিতর বসাইয়া স্ফেরোমিটারের মাঝখানের পা দণ্ডের A প্রান্ত স্পর্শ করাও। স্ফেরোমিটারের পাঠ লও। অতঃপর স্ফেরোমিটার জু ঘুরাইয়া মাঝখানের পা বেশ খানিকটু তুলিয়া রাখ যাহাতে AB দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইবার জায়গা পায়। এখন চোঙের ভিতর ঈষৎ পাঠাও। ক্রমশ T_1 এবং T_2 থার্মোমিটারের পারদ উর্ধ্বে উঠিতে থাকিবে। যখন পারদ স্থির

হইয়া পাড়াইবে তখন তাপমাত্রা (t_2) পাঠ কর। যদি দুই থার্মোমিটার সামান্ত্রিক আলাদা তাপমাত্রা নির্দেশ করে তবে উহাদের গড় লইতে হইবে। এখন ফেরোমিটারের মাথাধানের পা আবার A প্রান্তের সঙ্গে স্পর্শ করাইয়া পাঠ লও। ফেরোমিটারের এই পাঠ হইতে আগের পাঠ বাদ দিলে দণ্ডটির কতখানি দৈর্ঘ্য প্রসারণ হইল তাহা পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক ইহা x .

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{x}{l(t_2 - t_1)}$$

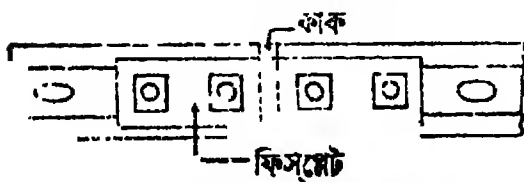
উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সব কিছু রাশি জানা থাকায় α সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

3-8. কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

ইঞ্জিনিয়ারী ও অগ্রগত কারিগরি বিজ্ঞায় কঠিন পদার্থের প্রসারণের বহু ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনেও কঠিন পদার্থের প্রসারণ ও সংকোচনকে আমরা নানারূপভাবে কাজে লাগাই। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা আমাদের কাজের সুবিধা করে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধার সৃষ্টি করে। নীচে ইহার সুবিধা ও অসুবিধার কথা আলোচনা করা হইল।

অসুবিধার কারণ :

(ক) রেলের লাইন পাতিবার সময় দুই লাইনের জোড়েব মুখে কিছু ফাঁক রাখিতে হয়। কারণ সূর্যকিরণে বা চাঁদ্রের ঘর্ষণে লোহা উত্তপ্ত হইলে দৈর্ঘ্যের



রেল লাইনের জোড়েব মুখ ফাঁক

চিত্র 3চ

প্রসারণ হয় এং তাহাৎ জড় ঐ জায়গা বাধা হয়। মুখে মুখে লাগাইয়া বাধিলে প্রসারণ-রূপিত বলের দরুন লাইন বাকিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

লাইন দুইটির দু' পাশে একটি করিয়া লোহার পাত চারিটি বোর্ন্টের সাহায্যে সংযুক্ত রাখা হয়। এই পাতকে ফিসপ্লেট বলে (3চ নং চিত্রে)। বোর্ন্টের গর্তগুলি ডিম্বাকৃতি। ফলে, দৈর্ঘ্যের প্রসারণ ও সংকোচন হইলে রেল লাইন দৈর্ঘ্য বরাবর বাড়িতে বা কমিতে পারে।

কিন্তু ট্রাম লাইন পাতিবার সময় ঐরূপ ফাঁক রাখা হয় না। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালু রাখার জন্ত লাইনগুলি মুখে মুখে জোড়া লাগাইয়া রাখা হয় কিন্তু লাইনগুলি

মাটির ভিতরে গাঁথা থাকে এবং গ্রানাইট পাথর ও কংক্রীট দ্বারা বেষ্টিত থাকে।
বলিয়া তাপমাত্রার পার্থক্যের প্রভাব খুব কম হয় এবং সেই কারণে বাকিতে
পারে না। রেল লাইন সম্পূর্ণ উন্মুক্ত থাকে বলিয়া প্রভাব খুব বেশী হয়।

উদাহরণ :

কিছু ফাঁক রাখিয়া টুকরা টুকরা ইস্পাতের লাইন দ্বারা একটি রেলপথ
তৈয়ারী। প্রত্যেক টুকরার দৈর্ঘ্য 66 ft.। 10°C হইতে 67.3°C তাপ-
মাত্রার ব্যবধানে লাইনগুলির মধ্যে কতটুকু ফাঁক বাখিতে হইবে ?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 11 \times 10^{-6}$ প্রতি $^{\circ}\text{C}$]

[Railway lines are laid with gaps to allow for expansion.
If each piece of rail is 66 ft long, how much gap is to be left
for a temperature difference of 10°C to 67.3°C ? α for steel
 $= 11 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$]

উ। এখানে নির্ণয় করিতে হইবে যে $(67.3 - 10) = 57.3^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা
বৃদ্ধির জন্য 66 ft. দীর্ঘ লাইনের কতটুকু প্রসারণ হয়। সুতরাং ঐটুকু ফাঁক
বাখিলেই চলিবে।

আমবা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \alpha \\ &= 66 \times 57.3 \times 11 \times 10^{-6} \text{ ft.} \\ &= .041 \text{ ft.} \\ &= .49 \text{ inch.} \end{aligned}$$

অর্থাৎ, দুই লাইনের ভিতর প্রায় .5 inch ফাঁক বাখিতে হইবে।

(খ) লোহার সেতু তৈয়ারী করিবাব সময় লোহার প্রসারণের কথা চিন্তা
করিয়া তাহার জন্ত-জায়গা রাখিতে
হয়। এইজন্য সেতুর উভয় প্রান্ত
কংক্রীট ও ইটের গাঁথুনী দ্বারা
দৃঢ়ভাবে তৈয়ারী করা হয় না।



সেতুর এক প্রান্ত একটি চাকার
(roller) উপর রাখা হয় (3 ছ নং

• সেতুর এক প্রান্ত বোলারের উপর থাকে

চিত্র 3ছ

চিত্র) যাহাতে উত্তপ্ত হইয়া লোহা ঐদিকে প্রসারিত হইতে পারে।

উদাহরণ :

যদি মনে করা যায় যে গ্রীষ্মে সর্বাধিক তাপমাত্রা 45°C এবং শীতে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা -15°C তবে 1700 ft. দীর্ঘ একটি ইস্পাতের সেতুর প্রসারণের জন্য কতটুকু জায়গা রাখিতে হইবে ?

$$[\text{ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = '000012]$$

[Assuming that the highest summer temperature is 45°C and the lowest winter temperature is -15°C , what allowance must be made for expansion in one of the 1700 ft. steel span of a bridge ? α for steel = '000012]

$$\begin{aligned} \text{উ। আমবা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি} \times \text{গুণক} \\ &= 1700 \times [45 - (-15)] \times '000012 \\ &= 1700 \times 60 \times '000012 \\ &= 17 \times 6 \times '012 \\ &= 1.22 \text{ ft.} \end{aligned}$$

সুতরাং, প্রসারণের সুবিধার জন্য 1.22 ft. জায়গা রাখিতে হইবে।

(গ) যদি মোটা কাচের গ্লাসে গরম জল ঢালা যায় তবে গ্লাসটি ফাটিয়া যায়। এইরূপ হওয়ার কারণ এই যে কাচ খুব ভাল তাপ পরিবাহী নহে। ফলে গ্লাসের অভ্যন্তর উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু বাহিরের অংশ সম-পরিমাণ তাপ না পাওয়ায় খুব কম প্রসারিত হয়। একই পাত্রের বাহির ও অভ্যন্তরের এই অসম প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহার জন্য পাত্রটি ফাটিয়া যায়। এই অসুবিধা মনে রাখিয়া কাচের পাত্র বা চিমনি প্রভৃতি জিনিস তৈয়ারী করার সময় বিশেষ যত্ন লইতে হয়।

(ঘ) চুল্লী (Furnace) তৈয়ারী করিবার সময় লোহার দণ্ড ইটের গাঁথুনির ভিতর ঢুকাইয়া দিতে হয়। চুল্লীর প্রচণ্ড তাপে দণ্ডের যথেষ্ট প্রসারণ হয়। সুতরাং দণ্ডের একপ্রান্ত আঁলুগা রাখিয়া প্রসারণের জায়গা করিয়া দিতে হয়। নতুবা প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহা ইটের গাঁথুনি ভাঙিয়া ফেলিতে পারে।

(ঙ) দূরত্ব মাপিবার জন্য কোন ধাতুনির্মিত স্কেল ব্যবহার করিলে প্রসারণ-জনিত ত্রুটির প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হইবে। যে তাপমাত্রায় স্কেল তৈয়ারী করা হয় শুধু সেই তাপমাত্রাতেই উহা ত্রুটিহীন। তাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে স্কেলের প্রত্যেক দাগের প্রসারণ বা সংকোচন হয়। ফলে ঐ স্কেল দ্বারা দূরত্ব নির্ভুল-

ভাবে মাপা চলে না। কিন্তু এই ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক জানা থাকিলে প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লওয়া চলে।

উদাহরণ :

একটি ইস্পাতেব মিটার স্কেল 0°C তাপমাত্রায় ঠিকঠিক। এই স্কেল দ্বারা 15°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য মাপিলে কতটুকু ত্রুটি আসিবে ?

[ইস্পাতেব দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক = 000012]

[A metre scale made of steel is correct at 0°C . If it is used to measure distance at 15°C , what will be the error ?
 α for steel = 000012]

উ। 15°C তাপমাত্রায় স্কেলটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ ঘটবে। সুতরাং তখন স্কেলটির দৈর্ঘ্য এক মিটারেব বেশী হইবে। আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} &= \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \text{গুণক} \\ &= 100 \times 15 \times 000012 \\ &= 018 \text{ cm.}\end{aligned}$$

[প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 1 metre = 100 cm.]

সুতরাং 15° সেন্টিগ্রেডে এই স্কেল দ্বারা কোন দৈর্ঘ্য মাপিলে তাহা 1 metre অথবা 100 cm বলিয়া স্কেল দেখাইবে তাহা প্রকৃতপক্ষে 100.018 cm .

(৮) কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও সকল ধাতুর প্রসারণ সমান নয়। তাই কোন ধাতব তাবকে কাচের দণ্ডে সীল করিয়া আটকানো যায় না। কাচের দৈর্ঘ্য-প্রসারণের অসমতা ফলে, ধাতব তাবকে কাচের গায়ে বন্ধ করিতে গেলে ফাটল পড়িয়া যাইবে—বায়ুনিষ্কৃত হইবে না। কিন্তু প্লাটিনামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণের প্রায় সমান বলিয়া প্লাটিনামের তাবের বেলাতে এই অসুবিধা নাই। এই কারণে কাচের দণ্ডে সহজেই প্লাটিনামের তাব সীল করিয়া আটকানো যায়।

সুবিধার কারণ :

(ক) বিভেট করিয়া দুইটি ধাতব প্লেট দৃঢ়ভাবে আটকানোর পদ্ধতির কথা তোমাদের অনেকের জানা আছে। যে দুইটি প্লেট জুড়িতে হইবে উহাদের পব পব বাখিয়া একটি ফুটা করা হয় এবং একটি বিভেট বা খিল গরম করিয়া এই ফুটার ভিতর ঢুকানো হয়। পবে হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া বিভেটের মাথা প্লেটের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। বিভেট যখন ঠাণ্ডা হয় তখন উহা বৈদ্যুতিক সংযোগন হয় এবং উহা ফলে প্লেট দুইটিকে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া রাখে।

(খ) লৌহদণ্ডের প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করিয়া যে সমস্ত বাড়ীসহ দেওয়াল বাহিরের দিকে ঝাঁকিয়া গিয়াছে তাহাদের সোজা করা হয়। দেওয়ালের মধ্য দিয়া কতকগুলি লৌহদণ্ড ঢুকাইয়া পাত ও জুর সাহায্যে শক্ত করিয়া আটকাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর দণ্ডগুলিকে উষ্ণ করিয়া জু আবো জোরে আঁটিয়া দেওয়া হয়। দণ্ডগুলি পবে যখন ঠাণ্ডা হয় তখন দৈর্ঘ্যে সংকুচিত হয় এবং উহা বঁকান যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা দেওয়ালকে টানিয়া সোজা কবে।

(গ) গাড়ীর চাকায় লোহাব বেড পবাইবাব সময় লোহাব প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করা হয়। বেডের ব্যাস চাকার ব্যাস অপেক্ষা কিছু ছোট থাকে। বেডকে উষ্ণ করিলে প্রসারিত হইয়া চাকার গায়ে ঠিক ঠিক আঁটিয়া যায়। পবে জল ঢালিয়া বেডকে ঠাণ্ডা করিলে উহা সংকোচন হয় এবং বেড চাকার গাথে দঢ়ভাবে আটকাইয়া যায়।

উদাহরণ :

15°C তাপমাত্রায় একটি লোহাব বেডের ব্যাস 99.8 cm, ৩০ তাপমাত্রায় 100 cm ব্যাসযুক্ত একটি চাকায় ঐ বেড পবানো যাইবে ?

$$[\text{গুণক} = 12 \times 10^{-5}]$$

[The diameter of an iron tyre is 99.8 cm. At what temperature will it fit on a wheel whose diameter is 100 cm? ($\alpha = 12 \times 10^{-5}$)]

উ। বেডের পরিধির দৈর্ঘ্য = $(\pi \times 99.8)$ cm

চাকার পরিধির দৈর্ঘ্য = $(\pi \times 100)$ cm

$$\begin{aligned} \text{সুতরাং চাকার পবাইতে গেলে বেডের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য প্রসারণ} \\ = \pi \{100 - 99.8\} \\ = \pi \times 0.2 \text{ cm.} \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ} = \text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি} \times \text{গুণক}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \pi \times 0.2 = 99.8\pi \times (t - 15) \times 12 \times 10^{-5}$$

$$\therefore t - 15 = \frac{0.2}{99.8 \times 12 \times 10^{-5}}$$

$$= 167 \text{ (প্রায়)}$$

$$\therefore t = 182^\circ\text{C}$$

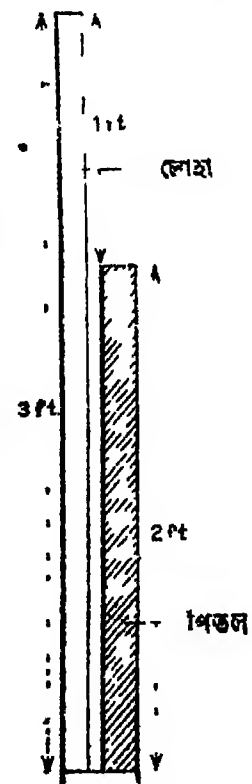
অর্থাৎ, 182°C তাপমাত্রায় বেডকে উত্তপ্ত করিলে ঐ চাকায় পবানো যাইবে।

(গ) যদি নিশিতে কাচের ছিপি খুব জোরে আঁটিয়া যায় তবে নিশির মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি খুলিয়া আসে। কাচের নিশির মুখ উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ ভাল তাপ পবিত্বরণ করে না বলিয়া ছিপি উত্তপ্ত হইতে পাবে না এবং উহাও প্রসারিতও হয় না। সুতরাং ছিপি আলগা হইয়া যায়।

3-9. প্রতিবিহিত দোলক (Compensated Pendulum) :

দেওয়াল ঘড়িতে ঘণ্টার কাঁটা বা মিনিটের কাঁটা দোলকের (Pendulum) দোলনের (oscillation) জন্ত চলে এবং উহাও ফলে ঘড়ি সময় নির্দেশ করে। এই দোলক একটি খাতু দণ্ডের সাহায্যে ঝুলানো। শীত বা গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পবিত্বর্তনের জন্ত দোলকের খাতুদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা সংকুচিত হয়। দৈর্ঘ্যের উপর দোলকের একবার পূর্ণ দোলনের সময় নির্ভর করে। সুতরাং, দৈর্ঘ্যের পবিত্বর্তন হইলে দোলকের দোলনকালেরও (period) পবিত্বর্তন হইবে। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি হয়। এই বাবণে দোলকের দোলনের সময়ও বৃদ্ধি পায় ও ঘড়ি ধীরে (slow) চলে। আবার শীতকালে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তাই ঘড়িতে দৈর্ঘ্যের সংকোচন হয় এবং তাই দ্রুত দোলকের দোলনের সময় হ্রাস পায় ও ঘড়ি দ্রুত (fast) চলে। যাহাতে ঘড়ির সময়ের এইরূপ পবিত্বর্তন না হয় অর্থাৎ তাপমাত্রার পবিত্বর্তনে দোলকের কার্যকর (effective) দৈর্ঘ্যের কোন প্রসারণ বা সংকোচন না হয় তাহা প্রতিবিধান করা উচিত। এইরূপ ব্যবস্থায়ুক্ত দোলকে প্রতিবিহিত দোলক বলে।

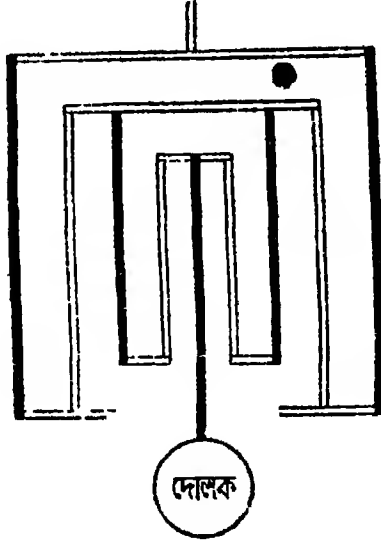
দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণাঙ্ক তালিকা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক লোহা অপেক্ষা প্রায় $1\frac{1}{2}$ গুণ। সুতরাং 1 ft. দীর্ঘ পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ $1\frac{1}{2}$ ft. দীর্ঘ লোহা দণ্ডের প্রসারণের সমান হইবে। অথবা 2 ft. দীর্ঘ পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ 3 ft. দীর্ঘ লোহা দণ্ডের প্রসারণের সমান হইবে। অতএব, একটি 3 ft. লোহা দণ্ড এবং একটি 2 ft. পিতলের দণ্ড পাশাপাশি রাখিয়া উহাদের একপ্রান্ত বিভেদ করিয়া সংযুক্ত করিলে অন্য প্রান্তদ্বয়ের ঐক্যবর্তী দূরত্ব সর্বদা



চিত্র 3জ (1)

1 ft. থাকিবে—তাপমাত্রা পবিত্বর্তন যাহাই হউক না কেন [চিত্র 3জ (1)]

ইহাই প্রতিবিহিত দোলকের মূলনীতি ; কারণ প্রতিবিহিত দোলকে বিলম্ব বিন্দু (point of suspension) হইতে পিণ্ডের (bob) ভারকেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব সর্বদা স্থির রাখিতে হইবে। এই দূরত্বকে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য বলে।



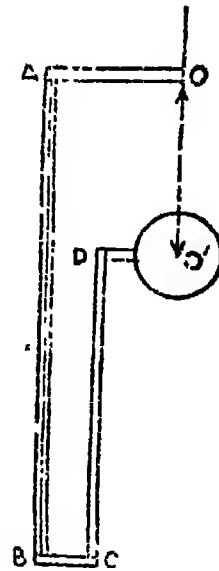
Harrison-এর দোলক

চিত্র ৩৬

দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য ঠিক থাকে। ৩৬ নং চিত্রে কালো লাইনের দণ্ডগুলি লোহার তৈয়ারী এবং তলার দিকে প্রসারিত হইতে পারে, আন সর্ব লাইনের দণ্ডগুলি তামার তৈয়ারী এবং উপরের দিকে প্রসারিত হইতে পারে।

ধরা যাউক, AB-দণ্ডটি লোহার ও CD দণ্ডটি তামার (৩৭ নং চিত্র)। ইহারা এমনভাবে যুক্ত যে AB-দণ্ড তলার দিকে ও CD দণ্ড উপর দিকে সমানভাবে প্রসারিত হইয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য OO'কে অপরিবর্তিত রাখে। যদি AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় l_1 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক α_1 হয় তবে $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার নিম্নদিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $= l_1 \alpha_1 t$.

তেমনি CD দণ্ডের দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় যদি l_2 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক α_2 হয় তবে চিত্র ৩৭ উক্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার উপরের দিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $= l_2 \alpha_2 t$.



চিত্র ৩৭

যেহেতু, দুই প্রসারণ সমান, অতএব

$$l_1 \alpha_1 t = l_2 \alpha_2 t$$

অথবা, $\frac{l_1}{l_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$

অর্থাৎ, $\frac{\text{লোহার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}}{\text{তামার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}} = \frac{\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}{\text{লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক}}$

এখন হারিসনের দোলক লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে তাহাতে মোট পাঁচটি লোহার দণ্ড এবং চারিটি তামার দণ্ড আছে। মাঝখানের লোহার দণ্ড হইতে পিণ্ডটি ঝুলানো এবং উহার দুই পাশে দুইটি করিয়া লোহার ও তামার দণ্ড আছে। এক্ষেত্রে কায়কর দৈর্ঘ্য প্রসারণের কথা চিন্তা করিলে সহজেই বোঝা যায় যে তিনটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ দুইটি তামার দণ্ডের মোট প্রসারণের সমান হইবে। যদি প্রত্যেকটি লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_1 এবং তামার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_2 ধরা হয় তবে, আমরা লিখিতে পারি যে,

$$3l_1 \alpha_1 t = 2l_2 \alpha_2 t$$

$$\therefore \frac{l_1}{l_2} = \frac{2\alpha_2}{3\alpha_1}$$

Invar নামক একপ্রকার শংকর (নিকেল ও ইম্পাতেব) ধাতু আবিষ্কারের পর দোলক প্রতিবিহিত কবিবার সমস্যা অনেক সহজ হইয়াছে। Invar-এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '0000009—অর্থাৎ অতি সামান্য। সুতরাং Invar নিমিত্ত দোলকের দৈর্ঘ্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে প্রায় অপরিবর্তিত থাকিবে।

উদাহরণ :

(1) পিতল ও ইম্পাতেব দুইটি দণ্ড পাশাপাশি রাখিয়া উহাদের একপ্রান্ত দৃঢ়ভাবে যুক্ত করা হইল। অত্র প্রান্ত দুইটি প্রসারণক্ষম। ইম্পাতদণ্ডটি 2 metres লম্বা। যে-কোন তাপমাত্রাভেদে দণ্ড দুইটির মুক্তপ্রান্তদ্বয়ের অন্তর্বর্তী দূরত্ব সর্বদা স্থির থাকিলে পিতল দণ্ডের দৈর্ঘ্য কত হইবে? পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$ এবং ইম্পাতেব $= 1.2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$.

[Two bars of steel and brass, standing side by side, have one end rigidly fixed to each other. The other ends are free to expand. The steel bar is 2 metres long. What should be the length of the brass bar so that the distance between the free ends of the bars remains the same at all temperatures? α for brass $= 2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$ and α for steel $= 1.2 \times 10^{-5}$ per $^{\circ}\text{C}$]

উ। সকল তাপমাত্রাভেদে দণ্ড দুইটির মুক্ত প্রান্তদ্বয়ের অন্তর্বর্তী দূরত্ব সর্বদা স্থির থাকিতে গেলে দণ্ড দুইটির প্রসারণ সর্বদা সমান হইতে হইবে। মনে কর, কোন এক সময় তাপমাত্রা ভেদ হইল $t^{\circ}\text{C}$

এক্ষেত্রে, ইস্পাতদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ $= 2 \times 100 \times 1.2 \times 10^{-5} \times t \text{ cm.}$

এবং পিতল দণ্ডের ,, ,, $= l \times 2 \times 10^{-5} \times t \text{ cm.}$

[l = পিতল দণ্ডের দৈর্ঘ্য]

অতএব, $2l \times 10^{-5} \times t = 2 \times 100 \times 1.2 \times 10^{-5} \times t$

অথবা, $2l = 200 \times 1.2$

$$= 240$$

$$\therefore l = 120 \text{ cm.}$$

(2) একটি প্রতিবিহিত দোলক তিনটি লোহার ও দুইটি পিতলের দণ্ড দ্বারা তৈয়ারী। প্রত্যেক লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য 100 cm. ও ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000012. পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক '000019 হইলে, পিতলের দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য কত ?

[A compensated pendulum has 3 iron rods and 2 brass rods. Each iron rod is on average, 100 cm. long and its co-efficient of expansion is '000012. If the co-efficient of expansion of brass be '000019, what is the average length of each brass rod ?]

উ। এখানে দুইটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ = একটি পিতলের দণ্ডের মোট প্রসারণ।

এখন $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রাভেদে দুইটি লৌহদণ্ডের মোট প্রসারণ

$$= 2 \times 100 \times '000012 \times t$$

এবং $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রাভেদে একটি পিতল দণ্ডের মোট প্রসারণ,

$$= l \times '000019 \times t$$

[l = প্রত্যেক পিতলদণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য]

সুতরাং, $2 \times 100 \times '000012 \times t = l \times '000019 \times t$

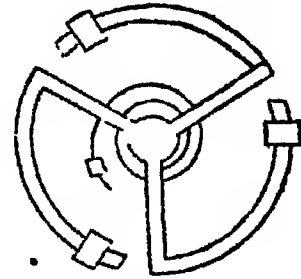
অথবা,

$$l = \frac{2 \times 100 \times '000012}{'000019} = 126.3 \text{ cm}$$

8-10. ঘড়ির প্রতিবিহিত চক্র (Compensated balance wheel of a watch) :

সাধারণত পকেট ঘড়ি বা হাত ঘড়িতে সময় নির্দেশের জন্য একটি চক্র থাকে। এই চক্রের ব্যাসার্ধের উপর ঘড়ির সময় নির্দেশ নির্ভর করে। ব্যাসার্ধ বাড়িয়া গেলে ঘড়ি আস্তে চলে; আবার ব্যাসার্ধ কমিয়া গেলে ঘড়ি দ্রুত চলে। সুতরাং এই ধরনের চক্রে ব্যাসার্ধ ঠিক রাখিতে গেলে যে উপায় অবলম্বন করা হয় উহাকে প্রতিবিহিত চক্র বলে।

এই প্রতিবিহিত চক্রে (3এং নং চিত্র) পূর্ণ চক্রটি তিন ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি ভাগ দুইটি ভিন্ন ধাতব পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহাব বাহিরের দিকে যে পাত তাহা সাধারণত বেশী প্রসারশীল। ঘড়িতে বাহিরের পাত পিতল ও ভিতরের পাত মরিচাবিহীন (stainless) ইস্পাতের। প্রত্যেকটি অংশের একপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত যুক্ত এবং অপব প্রান্তে একটি ভাবী দ্রু আঁটা থাকে। তাপ পাইয়া প্রত্যেকটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় এবং চক্রের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পাইতে চায় এবং ক্রমে কেন্দ্র হইতে দূরে সরাইতে চায়। ইস্পাত পিতল অপেক্ষা কম প্রসারণশীল বলিয়া চক্রের গোলাকার অংশ আরো বেশী নাকিয়া যায়। ফলে ক্রম কেন্দ্রের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। এই প্রসারণগুলি সমান করার জন্য ক্রমগুলি চক্র-কেন্দ্র হইতে সমান দূরে থাকে এবং সেই কারণে চক্রের দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকে।



চিত্র 3এং

8-11. ফাঁপা পাত্রের আয়তন প্রসারণ (Volume expansion of a hollow vessel) :

একটি ফাঁপা পাত্র একটি সম-আয়তন ও সম-উপাদানে তৈয়ারী নিবেট (solid) পাত্রের মত সমান আয়তনে প্রসারিত হইবে। একটি আয়তাকার পাতব ব্লক এবং সমান দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাবিশিষ্ট এবং ঐ ধাতুব পাত্রের তৈয়ারী একটি আয়তাকার ফাঁপা বাক্স লইয়া যদি সমভাবে উত্তপ্ত করা যায় তবে উভয়েরই দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতার সমান প্রসারণ হইবে। সুতরাং উভয়েই আয়তনও সমান থাকিবে। কাজেই, নিবেট পাত্রের বেলাতে ধাতুর আয়তন প্রসারণ গুণক এবং পূর্বোক্ত প্রসারণ সংক্রান্ত সমীকরণ যে-ভাবে ব্যবহার করা হইয়াছে ফাঁপা পাত্রের বেলাতেও ঠিক একই রকমভাবে করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি পিতলের স্কেলের সাহায্যে 10°C তাপমাত্রায় একটি দস্তার দণ্ডের দৈর্ঘ্য মাপিয়া 1.0001 metres পাওয়া গেল। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ক্রটিহীন হইলে 10°C তাপমাত্রায় এই 0°C তাপমাত্রায় দণ্ডটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য কত হইবে? দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 29×10^{-6} এবং পিতলের 19×10^{-6} .

[A zinc rod is measured by means of a brass scale correct at 0°C , and is found to be 1.0001 metres long at 10°C . What is the real length of the rod at 0°C and 10°C ? Co-efficient of linear expansion of zinc is 29×10^{-6} and of brass is 19×10^{-6} .

উ। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ক্রটিহীন হইলে, 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যে কিছু বাড়িবে।

সুতরাং 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যের প্রকৃত দৈর্ঘ্য

$$= 1 (1 + 0.00019 \times 10) \text{ cm} = 1.00019 \text{ cm}.$$

কিন্তু স্কেলে উহা ১ cm. থাকিবে। অর্থাৎ স্কেলে যাহা 1 cm. দেখাইতেছে 10°C তাপমাত্রায় তাহা প্রকৃতপক্ষে $(1 + 0.00019)$

সুতরাং 10°C তাপমাত্রায় স্কেল যে দৈর্ঘ্য 1.0001 metres দেখাইতেছে তাহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য হইবে $= 1.0001 (1 + 0.00019) = 1.00029 \text{ m}$

অর্থাৎ 10°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য $= 1.00029 \text{ m}$

এখন, ধরা যাক 0°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য l_0 । সুতরাং দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিবেচনা করিলে লেখা যাইতে পারে,

$$1.00029 = l_0 (1 + 0.00029 \times 10)$$

$$= l_0 (1 + 0.0029)$$

$$\therefore l_0 = \frac{1.00029}{1.0029} = 1 \text{ metre.}$$

(2) 35°F তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের রেল লাইন পাতা হইল। প্রত্যেকটি রেলের দৈর্ঘ্য 39 ft হইলে, প্রত্যেক পর পর দুইটি রেলের ভিতর কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে যদি উহারা 120°F তাপমাত্রায় ঠিক স্পর্শ করে? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^{\circ}\text{C}$.

[If steel railroad rails are laid when the temperature is 35°F , how much gap must be left between each 39 ft. rail section and the next, if the rails should just touch when the temperature rises to 120°F ? Co-efficient of linear expansion of steel is 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$]

উ। আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

এই সম্পর্ক হইতে, $35^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9} \times 440^{\circ}\text{C}$ এবং $120^{\circ}\text{F} = \frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$.

ধরি, দুইটি পরপর বেললাইনের মত তর্ক যে ফাঁক রাখিতে হইবে তাহা $= x$ ft.
ইহা সহজেই বোঝা যায় যে $\frac{5}{9}$ হইতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া $\frac{440}{9}^{\circ}\text{C}$ হইলে
প্রত্যেক রেলের দৈর্ঘ্য x ft. বৃদ্ধি পাইবে

আমরা জানি, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য \times গুণক \times তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$\begin{aligned} \text{অথবা, } x &= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \left(\frac{440}{9} - 5 \right) \\ &= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \frac{425}{9} \text{ ft.} \\ &= .0221 \text{ ft.} \\ &= .2652 \text{ inch.} \end{aligned}$$

(3) তাপমাত্রায় বৃদ্ধিত একটি পিতলের ব্লককে ($10'' \times 4'' \times 1''$) 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। ব্লকটির আয়তন বৃদ্ধি নির্ণয় কর।
পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 19 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$.

A rectangular block of brass ($10'' \times 4'' \times 1''$) at 0°C is heated to 700°C . Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of brass $= 19 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$.]

উ। 0°C তাপমাত্রায় ব্লকটির আয়তন V_0 ধরিলে,

$$\begin{aligned} V_0 &= 10 \times 4 \times 1 \\ &= 40 \text{ cubic inches.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{পিতলের আয়তন প্রসারণ গুণক } \gamma &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} \\ &= 3 \times 19 \times 10^{-6} \\ &= 57 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

এখন, আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন \times গুণক \times তাপমাত্রাবৃদ্ধি

$$\begin{aligned} \Delta V &= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times (700 - 0) \\ &= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times 700 \\ &= 1.596 \text{ cubic inches.} \end{aligned}$$

সারসংক্ষেপ

তাপ প্রয়োগে সকল কঠিন পদার্থের প্রসারণ হয়। এই প্রসারণ তিন প্রকারের হইতে পারে। যথা :

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, ক্ষেত্র প্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ।

বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times (t_2 - t_1)}$$

ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$\beta = \frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্র} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$$

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\gamma = \frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$$

পুলিঙ্কারের যন্ত্রদ্বারা পরীক্ষাগারে যে-কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

প্রতিবিহিত দোলক :—

তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের কোন পরিবর্তন ঘটাতে না হইতে পারে সেইরূপ ব্যবস্থায়ুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে। নিম্ন ল সময় নির্দেশের ক্ষণ ভুল ঘড়িতে উক্ত দোলক বা চক্র ব্যবহৃত হয়। শীতে বা গ্রীষ্মে উক্ত দোলক আপন হইতেই কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত রাখে। ইহার ফলে দোলক নিম্ন ল সময় নির্দেশ করিতে পারে। গারিসনের Grid-iron দোলক একটি প্রতিবিহিত দোলক।

প্রশ্নাবলী

1. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কাকে বলে? ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে?

[What is co-efficient of linear expansion of a solid? Does it depend upon the unit of length or upon the unit of temperature?]

2. কঠিন পদার্থের প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভরশীল? একই কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের ভিত্তি সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid.' How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid.] [H. S. Exam. 1960, 1962]

৪. এক সেণ্টিমিটারে মাপিয়া লিডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে ০.০০০০১৮ হইলে ঐ গুণকের মান প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইট কত হইবে যদি দৈর্ঘ্য গজ

the co-efficient of linear expansion of brass be 0.000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yard?]

[H S Exam., 1962] Ans. 0.00001]

৫. বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন তাহা কয়েকটি পর্বক দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[Explain by means of suitable experiments, that different substances expand differently in length.]

৫ নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে আঁটা ছাপ আঁলুগা হয় কেন?

(খ) বেললাইন পাতার সময় প্রত্যেক দুই টুকরা লাইনের মাঝে খানিকটা ফাঁক থাকে কেন?

(গ) লোহা-এ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক ০০০০১২ বলিতে কি বোঝ?

(ঘ) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর পাত শক্তভাবে জোড়া লাগাইয়া উত্তপ্ত করিলে বাঁকিয়া যায় কেন?

(ঙ) ধাতুনির্মিত খেল বিভিন্ন তাপমাত্রায় নিখুঁতভাবে দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে পাবে কি?

(চ) প্ল্যাটিনাম তার সহজে কাঁচের দণ্ডে মীল করা যায় কিন্তু তামার তার করা যায় না কেন?

[Answer the following questions carefully :—

(a) Why does a tight stopper become loose when hot water is poured on the neck of the bottle?

(b) Why is a small gap left between successive rails while laying the railway lines?

(c) What do you mean by saying that the co-efficient of linear expansion of iron is 000012?

(d) Why does a composite strip made of two different metals buckle when heated?

(e) Can a metal scale measure distances accurately at different temperatures?

(f) A platinum wire can be easily fused into a glass rod but not a copper wire; why?

পদার্থ বিজ্ঞান

৬. গ্যাস সকল কঠিন পদার্থ তাপ পাইয়া দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে এই প্রসারণ কাজের পক্ষে সুবিধাজনক; আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধাজনক। উদাহরণ দিয়া ইহার সত্যতা প্রমাণ কর।

[Most solids expand when heated ; in some cases the expansion can be made to serve useful purposes while in other, it is a nuisance for which allowance has to be made. Give examples of each.]

৭. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয়ের কোন পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

[Describe in detail, a method for determining the co-efficient of linear expansion of a solid.]

✓ ৮. একটি লোহার পাইপ 0°C তাপমাত্রায় ৬০ ft দীর্ঘ। 100°C তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে? লোহা $\alpha = .000012$

[An iron pipe is 60 ft long at 0°C . What would be its length at 100°C ? α for iron = .000012] [Ans. 60.072 ft.]

✗ ৯. ২৪০ cm দীর্ঘ একটি ধাতব দণ্ডের তাপমাত্রা 0°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করিলে উহার ২.৭৫ mm দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[The temperature of a metal rod, 280 cm. long, is increased from 0°C to 100°C and the expansion in length of the rod was 2.75 mm. Calculate the co-efficient of linear expansion of the metal.] [Ans. 11.9×10^{-6}]

১০. একটি লৌহদণ্ড ও একটি দস্তার দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে ২৫.৫৫ এবং ২৫.৫ cm দীর্ঘ। কত তাপমাত্রায় উহাদের দৈর্ঘ্য ঠিক সমান হইবে? লোহা $\alpha = .00001$ এবং দস্তা $\alpha = .00008$ প্রতি $^{\circ}\text{C}$.

[An iron rod and a zinc rod are respectively 25.55 cm. and 25.5 cm. long at 0°C . At what temperature will they be exactly equal in length? α for iron = .00001 and α for zinc = .00008 per $^{\circ}\text{C}$.] [Ans. 98°C]

১১. কোন কঠিন পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের ত্রিগুণ ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণাঙ্কের তিনগুণ, ইহা প্রমাণ কর।

[Prove that for a solid, the co-efficient of cubical expansion is three times and, the co-efficient of surface expansion twice that of linear expansion.]

১২. আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। একখণ্ড তামাকে কঠিন অবস্থায় রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে উহার ঘনত্বের কি পরিবর্তন হইবে?

নিম্ন তাপমাত্রায় কোন বস্তুর আয়তনের সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় ঐ বস্তুর আয়তনের আংকিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত একটি আয়তাকার তাম্রখণ্ডকে $(8'' \times 5'' \times 1'')$ 500°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। তাম্রখণ্ডটির আয়তনবৃদ্ধি নির্ণয় কর। (তাম্রের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = 0.16×10^{-4} প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড)।

[Define co-efficient of cubical expansion. If a block of copper be heated in the solid state, how will its density be affected?]

[Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and at a lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 800°C . Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of copper $= 0.16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade.) [H. S. (Comp.) 1961]

[Ans. 1.586 cubic inches]

৭১৪. ৪০ ft দীর্ঘ টুকরা টুকরা লোহা বেল ঘা বা লাইন কবিত্তে হইবে। তাপমাত্রা ব্যবধান 50°C হইলে উহাদের প্রত্যেক দুই টুকরার ভিতর কতটা ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহা $\alpha = 0.00012$ প্রতি $^\circ\text{C}$.

[A railway line is to be constructed by iron rails, each of which is 80 ft. long. If the temperature difference is 50°C , what gap must be left between each two piece? α for iron $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$] (Ans. 0.216 inch)

৭১৪. এলাহাবাদ হইতে দিল্লী দূরত্ব ৪৯০ মাইল। গীতে ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পরিবর্তন যদি 86°F হইতে 117°F হয় তবে উক্ত রেলপথে রেল কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহা দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$.

[The distance between Allahabad and Delhi is 890 miles. Find the total space that must be left between the rails to allow for a change of temperature from 86°F in winter to 117°F in summer. Co-efficient of linear expansion of iron $= 0.00012$ per $^\circ\text{C}$.] (Ans. 0.2084 miles.)

১৫. গন্ধক প্রায়তন প্রসারণ গুণক 0.000228 প্রতি $^\circ\text{C}$; একঘণ্টা গন্ধক 0°C তাপমাত্রায় ৪৪ c.c. জল অপসারণ করে। 80°C তাপমাত্রায় উহা কত জল অপসারণ করিবে?

[The coefficient of cubical expansion of sulphur is 0.000228 per $^\circ\text{C}$. A piece of sulphur is found to displace 44 c.c. of water at 0°C ; what volume of water will it displace at 80°C .] (Ans. 48.87 c. c.)

১৬ একটি চাকার ব্যাসার্ধ ৪ ft.; একটি লোহা বেল 0°C তাপমাত্রায় ২.৯৯২ ft. ব্যাস ধরিত। তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করিলে ঐ বেল চাকার গায়ে পরানো যাইবে? লোহা $\alpha = 12 \times 10^{-6}$.

[The radius of a wheel is 8 ft, and that of an iron tyre is 2.992 ft. at 0°C . At what temperature will the tyre fit exactly on the wheel? α for iron $= 12 \times 10^{-6}$.] [Ans. 228°C]

১৭. একটি বেললাষ্টিন ৪০ ft. লম্বা টুকরা টুকরা লোহা বেল ঘা বা লাইন ঘা বা তৈয়ারী। 90°F তাপমাত্রায় লাইনগুলি ঠিক মুখে মুখে লাগিয়া যায়। কিম্বা তাপমাত্রায় প্রত্যেক দুইটি টুকরার ভিতর কতখানি ফাঁক থাকিবে?

[A railway line is made of iron rails, each of which is 80 ft. long. The rails touch each other at 90°F . How much gap will be left between each pair at a temperature corresponding to freezing point?] (Ans. 0.14 inch)

১৮. একটি ইস্পাত নিমিত্ত স্কেল 15°C তাপমাত্রায় তৈরি হইল। 80°C তাপমাত্রায় উক্ত স্কেল-ঘা বা কোন দূরত্ব মাপিয়া দেখা গেল ২০০০ ft. ঐ দূরত্ব নির্ণয়ে কতটুকু ত্রুটি হইল? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক $= 0.00011$.

[A scale, made of steel, is correct at 15°C . A certain distance measured with this scale at 80°C is found to be 2000 ft. Find the error in the measurement. α for steel = 0.00011] [Ans. 0.88 ft. less.]

19. তাপমাত্রাভেদ থাকাই হউক না কেন দুইটি দণ্ড A এবং B-এর দৈর্ঘ্যের পার্থক্য সমান 25 cm; যদি উভ্যের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক যথাক্রমে 1.28×10^{-5} এবং 1.92×10^{-5} per $^{\circ}\text{C}$ হয় তবে 0°C তাপমাত্রায় A এবং B এর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[Two metal bars, A and B, differ in length by 25 cm. whatever might be the change in temperature. If their co-efficients of linear expansion are 1.28×10^{-5} and 1.92×10^{-5} per $^{\circ}\text{C}$ respectively. calculate the lengths of A and B at 0°C .] [Ans. 75 cm. , 50 cm.]

20. প্রতিবিহিত দোলক কাকে বলে? তোমার জানা কোন প্রতিবিহিত দোলকের বর্ণনা কর।

[What is a compensated pendulum? Describe a compensated pendulum that you know.]

21. সমান সাইজের এবং একই উপাদানের তৈরীকৃত একটি ঠোঁট পাত্র এবং একটি নিরেট পাত্রের আয়তন প্রসারণ কি সমান হইবে?

[Will the volume expansion of a hollow vessel and a solid vessel made of same material and of same size be equal?]

[Objective type Questions]

22. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' বলিয়া মনে কর তাহার পাশের বকুল স্থানে Y এবং যেটির উত্তর 'না' মনে কর তাহার স্থলে N লেখ :—

- দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করে?—
- দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কি তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে?—
- পদার্থের প্রসারণ কি সর্বদাই সুবিধাজনক?—
- দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচনে গড়ির সময় বাধা কি বিঘ্নিত হয় বলিয়া মনে কর?—
- এমন কোন ধাতু আছে কি যাহার প্রসারণ অতি নগণ্য?—
- কোন প্রসারণ গুণকের সর্বোচ্চ আয়তন প্রসারণ গুণকের কোন সম্বন্ধ আছে কি?

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

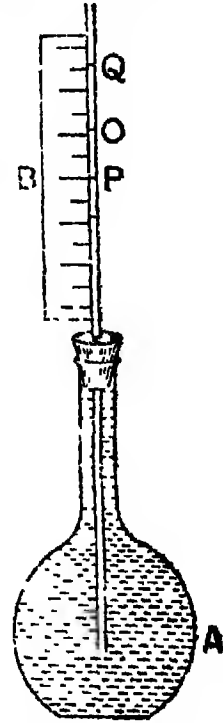
তরল ও গ্যাসের প্রসারণ

(Expansion of Liquids and Gases)

*4-1. তরলের প্রসারণ (Expansion of liquids) :

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের মত তরল পদার্থেরও প্রসারণ হয়। কিন্তু তরলের প্রসারণ আলোচনা করিতে গেলে কয়েকটি কথা মনে রাখিতে হইবে। প্রথমত, তরলের নিজস্ব কোন আকার নাই। তরল পাত্রের আকার ধারণ করে। সুতরাং, ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। তরলের মাত্র আয়তন প্রসারণ হয়। দ্বিতীয়ত, তরলের প্রসারণ লক্ষ্য করিতে গেলে তরলকে কোন পাত্রে রাখিয়া উদ্ভূত করিতে হইবে। কিন্তু তাপ প্রয়োগে তরলের সঙ্গে সঙ্গে পাত্রেরও প্রসারণ হইবে। সুতরাং পাত্রের প্রসারণের পরিপ্রেক্ষিতে তরলের প্রসারণ বিচার করিতে হইবে। নিম্নে বর্ণিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা তরলের প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা : A একটি কাচের ফ্লাস্ক। ইহার গলায় সূঁচ ও লম্বা। ফ্লাস্কের ছিপি দিয়া একটি সরু কাচের নল ঢুকানো আছে। একটি স্কেল B নলের সঙ্গে সংযুক্ত। ফ্লাস্কটি বর্ণন জলে পূর্ণ কর এবং নলসহ ছিপি ঘাটিয়া দাও। মনে কর জলের তল O দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল। এই ফ্লাস্কটিকে গরম জলে পূর্ণ অথবা একটি পাত্রে বসাইলে দেখা যাইবে যে বর্ণন জল P দাগ পর্যন্ত নামিয়া আসিল। তবে আস্তে আস্তে জলের তল Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছিল (এক নং চিত্র)। এরূপ হইবার কারণ কি ?



তরলের প্রসারণ
পরীক্ষা

চিত্র 4ক

গরম জলে ফ্লাস্ক বসাইলে প্রথমে কাচ উদ্ভূত হইয়া প্রসারিত হয়। কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবাহী নয় বলিয়া ফ্লাস্কের ভিতরস্থ জল ঐ তাপ তৎক্ষণাৎ পায় না। সুতরাং কাচের প্রসারণের ফলে যে আয়তনের বৃদ্ধি হইল জল তাহা অধিকার করায় জলের তল খানিকটা নামিয়া P দাগ পর্যন্ত পৌঁছায়। কিন্তু

পরে যখন জল তাপ পায় তখন উহার আয়তনের প্রসারণ হয়। জলের আয়তন প্রসারণ কঠিন পদার্থ (এখানে কাচ) অপেক্ষা বেশী বলিয়া জল আন্তে আন্তে O দাগ ছাড়াইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

সুতরাং, জলের আয়তন প্রসারণ প্রকৃতপক্ষে P দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত এবং কাচের আয়তন প্রসারণ O হইতে P দাগ পর্যন্ত হইল। যদিও কাচ তাপের সুপরিবাহী নয় তবুও ক্লাস্কের ভিতরের জলের তাপ পাইতে খুব বিশেষ দেরী হয় না এবং কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ খুব কম বলিয়া আমরা চোখে তরলের প্রসারণ O দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত দেখি।

উপরোক্ত কাৰণে O হইতে Q দাগ পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের আপাত (apparent) প্রসারণ এবং P হইতে Q পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের আয়তনের প্রকৃত (real) প্রসারণ।

যেহেতু নলটি সমবাসযুক্ত, সুতরাং, OP, PQ, এবং OQ আয়তনগুলি উহাদের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

৪ক নং চিত্র হইতে দেখা যায় যে $PQ = OQ + OP$

অর্থাৎ, তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

4-2. তরলের আপাত প্রসারণ গুণক (Co-efficient of apparent expansion of a liquid) :

0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে আয়তন হয় প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত প্রসারণ গুণক বলে।

ধরা নাড়ক, কোন তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 । উহার তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ করিলে উহার আপাত (apparent) আয়তন ধরা নাড়ক, V_t হইল। সুতরাং,

$t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ $= V_t - V_0$

অথবা, " " " " প্রতি একক " " $= \frac{V_t - V_0}{V_0}$

1°C " " " " " " $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

ইহাকেই তরলের আপাত প্রসারণ গুণক বলা হয়। যদি এই গুণক γ' ধরা হয়, তবে,

$$\gamma' = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_0 = V_0 \gamma' t$$

$$\therefore V_t = V_0 \{1 + \gamma' t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে তরলের γ' কোন ধ্রুবক (constant) নহে। তরল যে-পাত্রে রাখা হইবে তাহার উপাদানের উপর γ' নির্ভর করে। উপরন্তু তাপমাত্রার এককের উপরও উহা নির্ভবশীল। সেটিগ্রেড তাপমাত্রায় কোন তরলের আপাত প্রসারণ গুণক যদি γ' হয় তবে ফারেনহাইট তাপমাত্রায় $\frac{5}{9} \gamma'$ হইবে।

প্রায় প্রত্যেক তরলেই আয়তন প্রসারণ খুব কম। তাই প্রাথমিক তাপমাত্রা সর্বদা 0°C না রাখিয়া অল্প কোন তাপমাত্রা রাখিলে বিশেষ কিছু ভুল হয় না। অর্থাৎ $t_1^\circ\text{C}$ প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার আপাত আয়তন V_2 হইলে ($t_2 > t_1$) আমরা উপবোক্ত সমীকরণের সাহায্য লইয়া লিখিতে পারি যে,

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma' (t_2 - t_1)\}$$

4-3. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক (Co-efficient of real expansion of a liquid) :

0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলে।

ধরা যাউক, কিছু তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 . উহার তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ করাতে, ধরা যাউক, প্রকৃত আয়তন দাঁড়াইল V_t . সুতরাং,

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ} = V_t - V_0$$

$$\text{অথবা " " " " প্রতি একক আয়তনে " } = \frac{V_t - V_0}{V_0}$$

$$1^\circ\text{C " " " " " " " " } = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

ইহাকেই তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলা হয়। যদি এই গুণক γ ধরা হয়, তবে

$$\gamma = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$\text{অথবা, } V_t - V_o = V_o \gamma t$$

$$\therefore V_t = V_o \{1 + \gamma t\}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, তরলের γ আধারের উপর নির্ভর করে না। কিন্তু তাপমাত্রার একক পরিবর্তন করিলে γ পরিবর্তিত হইবে। কারেনহাইটে γ -র মান সেন্টিগ্রেডের মানের $\frac{1}{5}$ ভাগ।

আপাত প্রসারণের স্থায় প্রকৃত প্রসারণের বেলাতেও প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C -এর পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা লওয়া যাইতে পারে। যেমন, $t_1^\circ\text{C}$ প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার প্রকৃত আয়তন V_2 হইলে ($t_2 > t_1$) লেখা যাইতে পারে যে

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma'(t_2 - t_1)\}$$

4-4. আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ গুণকের পারস্পরিক সম্পর্ক
(Relation between the co-efficients of apparent and real expansion) :

ধর, γ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

γ' = „ আপাত „ „

γ_o = পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণক।

ধর 0°C তাপমাত্রায় O দাগ পর্যন্ত ফ্লাস্কটির ভিতরকার আয়তন V_o (4ক নং চিত্র)। সুতরাং, ফ্লাস্কের ভিতরের জলের আয়তনও ঐ তাপমাত্রায় V_o , ধরা যাউক, $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করি হইল। নলের প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) S হইলে,

$$\text{পাত্রের ভিতরকার আয়তন প্রসারণ} = OP \times S$$

$$\text{তরলের আপাত আয়তন প্রসারণ} = OQ \times S$$

$$\text{„ প্রকৃত „ „} = PQ \times S$$

আয়তন প্রসারণ গুণকের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

$$\gamma_0 = \frac{\text{পাত্রেব আয়তন প্রসারণ}}{\text{পাত্রেব প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OP \times S}{V_0 t}$$

$$\therefore \gamma' = \frac{\text{তরলের আপাত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OQ \times S}{V_0 t}$$

$$\gamma'' = \frac{\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{PQ \times S}{V_0 t}$$

$$\text{এখন } \gamma' + \gamma_0 = \frac{S}{V_0 t} \{ OP + OQ \} = \frac{PQ \times S}{V_0 t} = \gamma''$$

অর্থাৎ তরলের আপাত প্রসারণ গুণক + পাত্রেব আয়তন প্রসারণ গুণক = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক।

উদাহরণ :

(1) লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমবাসযুক্ত বর্ণের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পাত্রেব সূঁচ আছে। তাপমাত্রা 100°C-এ বৃদ্ধি করিলে পাত্রেব সূঁচের দৈর্ঘ্য 16.5 mm বৃদ্ধি পায়। পাত্রেব প্রকৃত প্রসারণ গুণক 0.00182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক কত হইবে।

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C. When the temperature is raised to 100°C the thread of mercury is found to be 16.5 mm longer. If the coefficient of absolute expansion of mercury be 0.00182, calculate the coefficient of linear expansion of glass.] H. S. (Comp. 1960)

উ। এখানে সূঁচের সূঁচের প্রস্থচ্ছেদ = π sq. cm

0°C তাপমাত্রায় পাত্রেব সূঁচের আয়তন V হইলে, $V_0 = 100 \times \pi \text{ cc}$

পাত্রেব সূঁচের আয়তন বৃদ্ধি = $16.5 \times \pi \text{ cc}$

যদি γ' পারদের আপাত প্রসারণ গুণক হয় তবে আমরা জানি,
 আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন \times আপাত প্রসারণ গুণক \times তাপমাত্রাবৃদ্ধি
 অথবা, $1.65 \alpha = 100. \alpha \times \gamma' \times 100$

$$\therefore \gamma' = \frac{1.65}{10^4} = 1.65 \times 10^{-4}$$

এখন, আমাদের জানা আছে,

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক} + \text{পাত্রে প্রসারণ গুণক}$$

$$\text{সুতরাং } 1.82 \times 10^{-4} = 1.65 \times 10^{-4} + \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক}$$

$$\therefore \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক} = (1.82 - 1.65) \times 10^{-4} \\ = 0.17 \times 10^{-4}$$

$$\text{অতএব কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} = \frac{0.17 \times 10^{-4}}{3} \\ = 5.6 \times 10^{-6}$$

(2) পারদের প্রসারণ গুণক $\frac{1}{5550}$, একটি পারদ থার্মোমিটারের কুণ্ডের আয়তন 1 c.c. এবং থার্মোমিটার নলের রন্ধের প্রস্থচ্ছেদ 0.001 sq. cm , 0°C তাপমাত্রায় কুণ্ডটি পারদপূর্ণ হইলে 100°C তাপমাত্রায় পারদ কোন্ দাগে পৌছাইবে নির্ণয় কর। কাচের প্রসারণ উপেক্ষণীয়।

[The coefficient of expansion of mercury is $\frac{1}{5550}$. If the bulb of a mercury thermometer is 1 c.c. and the section of the bore of the tube 0.001 sq. cm , find the position of the mercury at 100°C , if it just fills the bulb at 0°C . Neglect the expansion of glass.]

উ। এক্ষেত্রে 1 c.c. পারদ আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া যে অতিরিক্ত আয়তন অধিকার করিবে তাহা

$$= \text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{গুণক} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}$$

$$= 1 \times \frac{1}{5550} \times 100 = \frac{2}{111} \text{ c.c.}$$

এই অতিরিক্ত আয়তনের পারদ থার্মোমিটারের রক্ত অধিকার করিবে।
যদি ধরা যায় যে রক্তের x cm দৈর্ঘ্য অধিকার করিল তবে,

$$x \times \frac{1}{1000} = \frac{2}{111}$$

$$\therefore x = \frac{2000}{111} = 18.02 \text{ c.m. (প্রায়)}$$

সুতরাং কুণ্ড হইতে 18.02 cm. দূরে যে দাগ আছে পারদ সেই পর্যন্ত পৌছাইবে।

(3) একটি কাচের ফ্লাস্কেব আভ্যন্তরীণ আয়তনের $\frac{3}{10}$ পারদ দ্বারা পূর্ণ।
কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক 27×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ এবং পারদের প্রকৃত
প্রসারণ গুণক 180×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ হইলে প্রমাণ কর যে তাপমাত্রার
পরিবর্তনে ফ্লাস্কেব অভ্যন্তরস্থ বাকী অংশের আয়তনের কোন পরিবর্তন
হইবে না।

[If a flask is made of glass of co-efficient of volume expansion equal to 27×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$ and $\frac{3}{10}$ of its volume is occupied by mercury (co-efficient of absolute expansion = 180×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$) show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature.]

[H. S. Exam., 1963]

উ। মনে কর, 0°C তাপমাত্রায় ফ্লাস্কেব আভ্যন্তরীণ আয়তন $= V_0$

অতএব, প্রসারিতাব্যক্তি ঐ , , অভ্যন্তরস্থ পারদের আয়তন
$$= \frac{3V_0}{10}$$

সুতরাং 0°C তাপমাত্রায় ফ্লাস্কেব বাকী অংশের আয়তন

$$= V_0 - \frac{3V_0}{10} = \frac{7V_0}{10}$$

ধব, তাপমাত্রা $t^{\circ}\text{C}$ বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, ফ্লাস্কেব আভ্যন্তরীণ আয়তন $V = V_0(1 + \gamma_g \cdot t)$

$$= V_0(1 + 27 \times 10^{-6} \cdot t)$$

$$= V_0 + 27 \times V_0 \times 10^{-6} \cdot t.$$

$$\begin{aligned}
 \text{এবং এই তাপমাত্রায় পারদের আয়তন } V' &= \frac{3V_0}{20} (1 + \gamma t) \\
 &= \frac{3V_0}{20} (1 + 180 \times 10^{-6} \times t) \\
 &= \frac{3V_0}{20} + 27V_0 \times 10^{-6} \times t
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ এই তাপমাত্রায় বাকী অংশের আয়তন } = V - V' = V_0 - \frac{3V_0}{20} = \frac{17V_0}{20}$$

অতএব দেখা যাইতেছে যে তাপমাত্রার পরিবর্তনে ফ্লাস্কের বাকী অংশের আয়তন পরিবর্তন করিতেছে না।

[**উপলব্ধি :** এ ক্ষেত্রে কাচ এবং পারদের আয়তন প্রসারণ গুণক দেখিয়াই বলা যায় যে বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল নয় ; কারণ কাচের প্রসারণ গুণক পারদের প্রসারণ গুণকের $\frac{1}{60}$ এবং ফ্লাস্কের আয়তনের $\frac{1}{20}$ পারদ দ্বারা অধিকৃত। সুতরাং বাকী অংশের আয়তন সবদা অপরিবর্তিত থাকিবে।]

(4) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ডে 0.45 c.c. পারদ আছে। থার্মোমিটার নলের রক্তের প্রস্থচ্ছেদ কত হইলে প্রত্যেক দুইটি ডিগ্রী দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্ব 2 mm. হইবে ? কাচ সাপেক্ষে পারদের আপাত প্রসারণ গুণক 1.55×10^{-4} .

[The bulb of a thermometer contains 0.45 c.c. of mercury. What must be the cross-section of the bore of the thermometer tube in order that the degree graduations be 2 mm. apart. Co-efficient of apparent expansion of mercury in glass is 1.55×10^{-4} .]

উ। ধর, রক্তের প্রস্থচ্ছেদ = α sq. mm. ; প্রত্যেক দুইটি ডিগ্রী দাগের দূরত্ব 2 mm. হইলে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পারদের আপাত প্রসারণ হইবে
 $= 2\alpha$ cubic millimetre

এখন, 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির পারদের আপাত প্রসারণ

$$= 0.45 \times 1000 \times 1.55 \times 10^{-4} \text{ cubic mm.}$$

$$= 0.45 \times 0.155 \text{ cubic mm.} \quad [0.45 \text{ cc} = 0.45 \times 1000$$

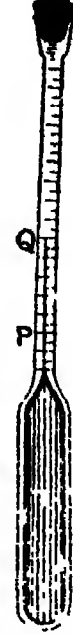
$$\therefore 2\alpha = 0.45 \times 0.155 \quad \text{cubic mm.}]$$

$$\therefore \alpha = \frac{0.45 \times 0.155}{2} = 0.0349 \text{ sq. mm.}$$

4-5. তরলের আপাত প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of apparent expansion of liquid) :

(ক) ডিলাটোমিটার বা আয়তন থার্মোমিটার দ্বারা
(By the Dilatometer or Volume thermometer) :

4খ নং চিত্রে একটি ডিলাটোমিটার দেখানো হইয়াছে। এই যন্ত্রে একটি কাচের কুণ্ড থাকে। কুণ্ডটি একটি 20 কি 30 cm. লম্বা, সরু ও সমব্যাসযুক্ত কাচনলের সহিত যুক্ত। নলের গায়ে আয়তন নির্দেশক দাগ কাটা আছে। কুণ্ড ও নলের খানিকটা অংশ কোন তরল দ্বারা ভর্তি কবিলে ঐ দাগ হইতে তরলের মোট আয়তন জানা যাইবে।



ডিলাটোমিটার
বা আয়তন
থার্মোমিটার
চিত্র 4খ

ধব, পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ পূর্ণ করিয়া ববফে ডুবাইয়া রাখিলে তরল P দাগ পর্যন্ত পৌছিল। অর্থাৎ, 0°C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন উক্ত দাগ হইতে পাওয়া যাইবে। দ্বা। যাউক, ইহা V_0 , অতঃপর কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে রাখিয়া ঐ জলকে আন্তে আন্তে গরম কর এবং $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় স্থির রাখ। ধব, তরল আয়তনে প্রসারিত হইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌছিল; ইহার আয়তন দ্বা। যাউক, V_t .

সুতরাং, $V_t - V_0 =$ তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ।

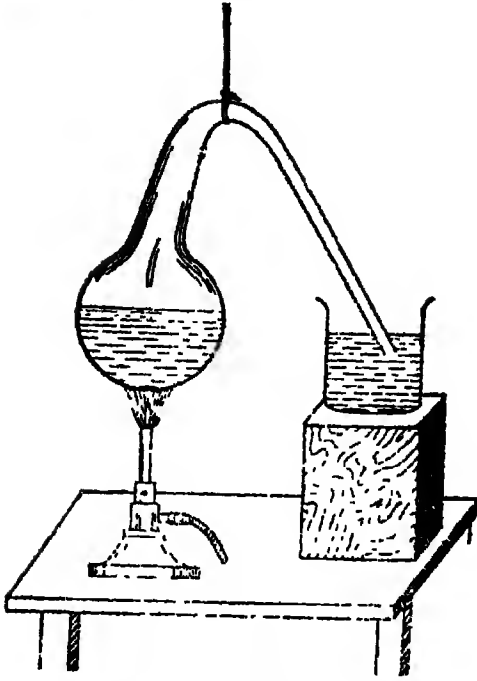
$$\therefore \gamma'' = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

(খ) ভার থার্মোমিটার দ্বারা (By Weight thermometer) :

ভাব থার্মোমিটার বস্তুত একটি সরু বাক্য নলযুক্ত কাচের কুণ্ড। পর পক্ষের 4গ নং চিত্রে একটি ভার থার্মোমিটারের ছবি দেখানো হইল।

প্রথমে ইহাকে খালি অবস্থায় ওজন কর। ধব, ইহা m_1 gm. পরে স্চালো মুখ পরীক্ষাধীন তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডটি একটু গরম কর। কুণ্ডের ভিতরের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া তরলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এখন কুণ্ডকে ঠাণ্ডা করিলে কিছু তরল সরু মুখ দিয়া কুণ্ডে প্রবেশ করিবে। এইরূপ কয়েকবার কুণ্ডকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে

থার্মোমিটার তরল দ্বারা পূর্ণ হইবে। সূচালো মুখ তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডকে



ভাব থার্মোমিটার
চিত্র 4গ

ঘরের তাপমাত্রায় ফিরিয়া আসিতে দাও। অতঃপর পুনরায় ইহার ওজন লও। ধর, ইহা m_2 gm; ঘরের তাপমাত্রা লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা $t_1^\circ\text{C}$. এইবার কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং জল আন্তে আন্তে গরম কর। কুণ্ডের অভ্যন্তরস্থ তরল আয়তনে বাড়িবে এবং নল বাহিয়া বাহির হইয়া যাইবে। জলকে $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় বেগ কিছুক্ষণ স্থির রাখ। সূচালো মুখ দিয়া কুণ্ডেব তবল যখন আব বাহির হইবে না তখন কুণ্ডকে জল হইতে তুলিয়া আন ও ঠাণ্ডা হইতে দাও। যখন কুণ্ড আবার

ঘরের তাপমাত্রা পাইবে তখন ইহাকে পুনরায় ওজন কর। ধব, এই ওজন হইল m_3 gm.

গণনা :

$m_2 - m_1 = M_1$ (ধর) $= t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় থার্মোমিটার পূর্ণ তরলের ভর

$m_3 - m_1 = M_2$ (ধর) $= t_2^\circ\text{C}$ " "

সুতরাং, $M_1 - M_2 =$ বহিষ্কৃত তরলের ভর

কাচের আয়তনকে উপেক্ষা করিয়া বলা যাইতে পারে যে $t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_1 gm. তরলের আয়তন $= t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আয়তন।

এখন $t_1^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_1 gm. তরলের আয়তন $= \frac{M_1}{D}$

" $[D = t_1^\circ\text{C}$ -এ তরলের ঘনত্ব]

এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আয়তন $= \frac{M_2}{D}$

$\therefore t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আপাত আয়তন

$$= \frac{M_2}{D} \{ 1 + \gamma'(t_2 - t_1) \}$$

$[\gamma' = \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক}]$

$$\therefore \frac{M_1}{D} = \frac{M_2}{D} \{ 1 + \gamma'(t_2 - t_1) \}$$

অথবা, $\frac{M_1}{M_2} = 1 + \gamma'(t_2 - t_1)$

অথবা, $\frac{M_1 - M_2}{M_2} = \gamma'(t_2 - t_1)$

$$\therefore \gamma' = \frac{M_1 - M_2}{M_2(t_2 - t_1)} = \frac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{t_2^\circ\text{C-এ অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

[দ্রঃ এই পরীক্ষায় আয়তনের পরিবর্তে তরলের ওজন নির্ণয় করিয়া আপাত প্রসারণ গুণক বাহ্যিক কবা হয় বলিয়া ষষ্ঠটিকে ভার থার্মোমিটার বলে। তাছাড়া আপাত প্রসারণ গুণক জানা থাকিলে এই পদ্ধতিতে কোন 'খজাত' তাপমাত্রা নির্ণয় কবা যায় বলিয়া ইহার নাম থার্মোমিটার দেওয়া হইয়াছে।]

উদাহরণ :

(1) একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 300 gms পারদ আছে। ফুটন্ত জলে থার্মোমিটার ডুবাইলে 4.54 gms পারদ বাহ্যিক হইয়া গেল। পারদের আপাত প্রসারণ গুণক কত ?

[A weight thermometer contains 300 gms of mercury at 0°C when it is placed in boiling water, 4.54 gms of mercury were expelled. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ?]

উ। বহিষ্কৃত পারদের ভর = 4.54 gms

অবশিষ্ট পারদের ভর = $300 - 4.54 = 295.46$ gms

ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা = 100°C

আমরা জানি

$$\begin{aligned} \gamma' &= \frac{\text{বহিষ্কৃত পারদের ভর}}{\text{অবশিষ্ট পারদের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} \\ &= \frac{4.54}{295.46 \times 100} = 15 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

(2) একটি ভার থার্মোমিটারে 10°C তাপমাত্রায় 82 gms তরল আছে। ঐ তরলকে 85°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে 2 gms তরল বহিষ্কৃত হইয়া যায়। তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর। কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক 9×10^{-6} .

[A weight thermometer contains 82 gms. of liquid at 10°C and on heating it to 85°C , 2 gms of liquid were expelled. Find the co-efficient of absolute expansion of the liquid if the co-efficient of linear expansion of glass is 9×10^{-6} .]

উ। বহিস্কৃত তরলের ভর = 2 gms.

অবশিষ্ট তরলের ভর = $82 - 2 = 80$ gms.

তাপমাত্রার পার্থক্য = $85 - 10 = 75^{\circ}\text{C}$.

তরলের আপাত প্রসারণ গুণক γ' ধরিলে,

$$\begin{aligned}\gamma' &= \frac{\text{বহিস্কৃত তরলের ভর}}{\text{অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}} \\ &= \frac{2}{80 \times 75} \\ &= 0.00333\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{এখন, কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক} &= 3 \times \text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণক} \\ &= 3 \times 0.000009 \\ &= 0.000027\end{aligned}$$

আবার, আমরা জানি,

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$\begin{aligned}&= \text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণক} + \text{কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক} \\ &= 0.00333 + 0.000027 \\ &= 0.0036\end{aligned}$$

৭.৬. তরলের ঘনত্বের সহিত উহার প্রকৃত প্রসারণ গুণকের সম্পর্ক (Relation between density and co-efficient of real expansion of a liquid) :

ধরা যাক, কিছু পরিমাণ তরলের ভর ' m ' এবং $t_1^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_1 এবং V_1 . এখন ঐ তরলকে উষ্ণ করিলে উহার আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হইবে। ধরা, $t_2^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় উক্ত তরলের ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_2 ও V_2 হইল ($t_2 > t_1$)।

যেহেতু, ভর = আয়তন \times ঘনত্ব

$$\text{অতএব } m = V_1 D_1 = V_2 D_2$$

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}}{V_1}$$

[γ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক]

$$= \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

$$\therefore D_1 = D_2 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

যদি প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C এবং প্রাথমিক ঘনত্ব D_0 হয় তবে $t^\circ\text{C}$ -এ ঘনত্ব D_t পবিলে উপরোক্ত সমীকরণের সহায়তায় লেখা যাইবে যে

$$D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$$

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় কোন তরলের ঘনত্ব 8.9 gms/c.c. হইলে 20°C তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব কত হইবে? [তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক $= .000017 \times 3$]

[If the density of a liquid at 0°C be 8.9 gms/c.c. what will be the density at 20°C ? Co-efficient of real expansion of liquid $= .000017 \times 3$]

উ। আমরা জানি, $D_0 = D_t \{1 + \gamma.t\}$

$$\text{এস্থলে } D_0 = 8.9 \text{ gms/c.c.}, t = 20^\circ\text{C}; D_t = ?$$

$$\text{সুতরাং, } 8.9 = D_t \{1 + .000017 \times 3 \times 20\}$$

$$\therefore D_t = \frac{8.9}{1 + .000017 \times 3 \times 20} = \frac{8.9}{1.00102}$$

$$= 8.89 \text{ gms/c.c.}$$

(2) 0°C তাপমাত্রায় 1 c.c. জলের ওজন 0.999874 gm এবং 4°C তাপমাত্রায় ওজন 1 gm . হইলে ঐ তাপমাত্রার মধ্যে জলের গড় প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[1 c.c. of water weighs 0.999874 gm at 0°C and 1 gm. at 4°C . Find the mean co-efficient of absolute expansion of water between 0°C and 4°C]

উ। এক্ষেত্রে $D_0 = 0.999874 \text{ gm/c.c.}$ এবং $D_t = 1 \text{ gm/c.c.}$

এবং $t = 4^\circ\text{C}$.

যেহেতু 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির কালে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়, কাজেই আমরা যে সমীকরণের সাহায্যে লইব তাহা $D_t = D_0(1 + \gamma.t)$

[γ = জলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক]

অথবা, $1 = 0.999874(1 + 4.\gamma)$

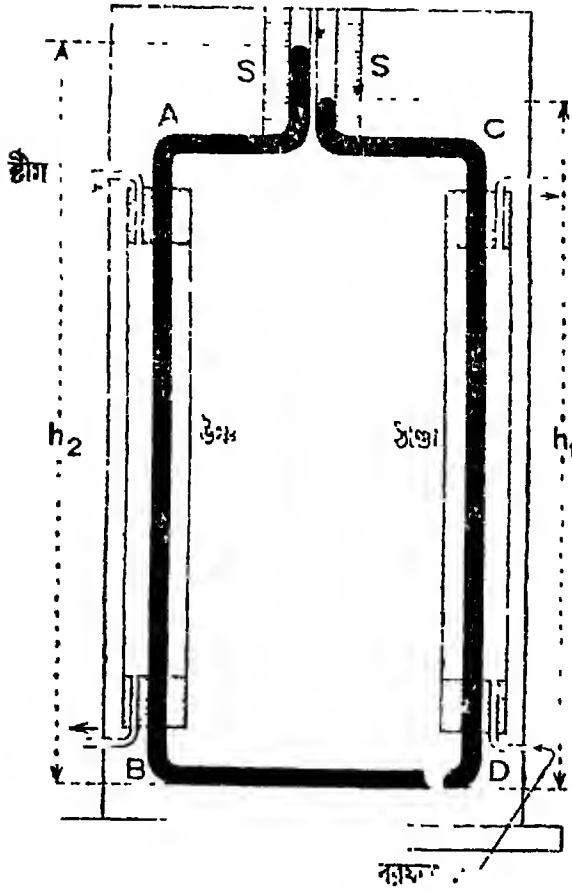
$$\therefore \gamma = \frac{1 - 0.999874}{4 \times 0.999874} = \frac{0.000126}{4 \times 0.999874} = 0.0000315$$

4-7. Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতিতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় (Determination of co-efficient of

real expansion of liquid by Dulong and Petit's method) :

এই পদ্ধতি দ্বারা সবাসরি কোন তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা যায়। নিম্নে ইহা : বিবরণ দেওয়া হইল।

একটি কাচের নলকে নীচাইয়া 4ম নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে এরূপ অনেকটা চতুর্ভুজ করা হয়। নলের AB এবং CD বাহুদ্বয় খাড়া এবং BD বাহু অনুভূমিক। A এবং C অংশের পরে নলটির দুই বাহু খানিকটা অনুভূমিক থাকিয়া পবম্পনের নিকট সরিয়া পুনরায় খাড়া হইয়াছে। এই খাড়া অংশের দুই পাশে দুইটি স্কেল S এবং S কাঠের ফ্রেমের গায়ে আঁটা



Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতি

4ম নং চিত্র

থাকে। AB এবং CD বাহুদ্বয় দুইটি মোটা নল দ্বারা আবৃত। এই নল দুইটির শূন্যগুলি কঁক দ্বারা আটকানো। কঁকের ছিদ্র দিয়া সরু টিউবের সাহায্যে একটি নলের ভিতর দিয়া সীম এবং অণুটির ভিতর দিয়া বরফ-জল পাঠাইবার

. ব্যবস্থা আছে। চিত্রে AB বাহুর চতুর্দিকে স্তম্ভ এবং CD বাহুর চতুর্দিকে বরফ-জল পাঠাইবার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহার ফলে AB বাহুর তরলস্তম্ভ উষ্ণ এবং CD বাহুর তরলস্তম্ভ ঠাণ্ডা থাকিবে। এই তাপমাত্রাভেদের জগ্গ AB বাহুর তরল কম ঘন এবং CD বাহুর তরল বেশী ঘন হইবে। ফলে সাম্য প্রতিষ্ঠার দরুন উহাদের উচ্চতা ভিন্ন হইবে। বাম দিকের তরল কম ঘন বলিয়া উহার উচ্চতা ডান দিকের বেশী ঘন তরলের উচ্চতা অপেক্ষা বেশী হইবে। দুই বাহুতে তাপমাত্রার কোন প্রভেদ না থাকিলে উচ্চতারও কোন প্রভেদ থাকিবে না। BD বাহু দিয়া যাহাতে তাপ চলাচল কবিতো না পাবে এইজগ্গ BD বাহু ভিজা ব্লটিং কাগজ দিয়া মুড়িয়া রাখা হয়।

ধরা যাউক, সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবার পর BD অনুভূমিক তল হইতে ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা h_1 এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের উচ্চতা h_2 হইল। ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা 0°C এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ ধরিলে প্রশমনকারী তরলস্তম্ভের সাম্য হইতে (উদাহৃতি বিজ্ঞান 2-8 অনুচ্ছেদ) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা } (h_1) &= \text{উষ্ণ তরলের ঘনত্ব } (D_t) \\ \text{উষ্ণ } &,, ,, (h_2) \text{ ঠাণ্ডা } ,, ,, (D_0) \end{aligned}$$

$$\text{আমরা পূর্বে দেখিয়াছি, } D_0 = D_t \{1 + \gamma(t - 0)\} \quad (4-6 \text{ অনুচ্ছেদ})$$

$$= D_t \{1 + \gamma t\}$$

$$\therefore \frac{h_1}{h_2} = \frac{D_t}{D_t \{1 + \gamma t\}} = \frac{1}{1 + \gamma t}$$

$$\text{বা, } h_1 + \gamma t h_1 = h_2$$

$$\text{বা, } \gamma t h_1 = h_2 - h_1$$

$$\therefore \gamma = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t}$$

অর্থাৎ, প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

[দ্রঃ এই পদ্ধতিতে প্রশমনকারী তরলস্তম্ভের নীতি অনুযায়ী প্রসারণ গুণক নির্ণয় করা হয় বলিয়া কাচের নলের প্রসারণ হিসাব করিবার প্রয়োজন

হয় না; সুতরাং এই পদ্ধতি হইতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক পাওয়া যায়।]

উদাহরণ:

100°C তাপমাত্রায় একটি পারদস্তম্ভ 0°C তাপমাত্রায় অপর একটি পারদ-স্তম্ভের সহিত সাম্য প্রাপ্তি করে। উহাদের উচ্চতা যথাক্রমে 76.35 cm. এবং 75 cm.; পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণক নির্ণয় কর।

[A column of mercury 76.35 cm. long at 100°C balances another column of length 75 cm. at 0°C. Calculate the co-efficient of real expansion of mercury.]

উ। আমরা জানি, প্রকৃত প্রসারণ গুণক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

$$= \frac{76.35 - 75}{75 \times (100 - 0)} = \frac{1.35}{75 \times 100} = 1.8 \times 10^{-4}$$

কয়েকটি তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণকের তালিকা

তরল	প্রতি °C	প্রতি °F
জল (15° - 100°C)	0.00037	0.0002
পারদ	0.00018	0.0001
অ্যালকোহল	0.0011	0.00061
তার্পিন তেল	0.00105	0.00054

4-8. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ (Anomalous expansion of water) :

উক্ত হইলে তরলের আয়তনের প্রসারণ হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই তরলের সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জলের বেলাতে ইহার কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায়। কিছু পরিমাণ জলকে 0°C তাপমাত্রায় আনিয়া পরে আস্তে আস্তে গরম করিলে দেখা যাইবে যে উক্ত জলের আয়তন বৃদ্ধি না

পাইয়া সংকুচিত হইতেছে। আয়তনের এই সংকোচন চলিবে, যতক্ষণ না তাপমাত্রা 4°C -এ পৌছায়। 4°C -এর পর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে অত্যন্ত তরলের জায় জলেরও আয়তনের প্রসারণ হইবে।

আবার কিছু পরিমাণ উষ্ণ জল লইয়া আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করিলে অত্যন্ত তরলের জায় ঐ জলেরও আয়তন কমিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাপমাত্রা 4°C -এ পৌছায়। কিন্তু 4°C হইতে 0°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিলে জলের আয়তন না কমিয়া বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং 4°C হইতে 0°C পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানে জলের আয়তন প্রসারণ অত্যন্ত তরল হইতে ভিন্ন। ইহাকে জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে বোঝা যায় যে, নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের 4°C তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। যেহেতু ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional), অতএব ইহা বলা যায় যে, 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

4-9. জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experimental study of anomalous behaviour of water):

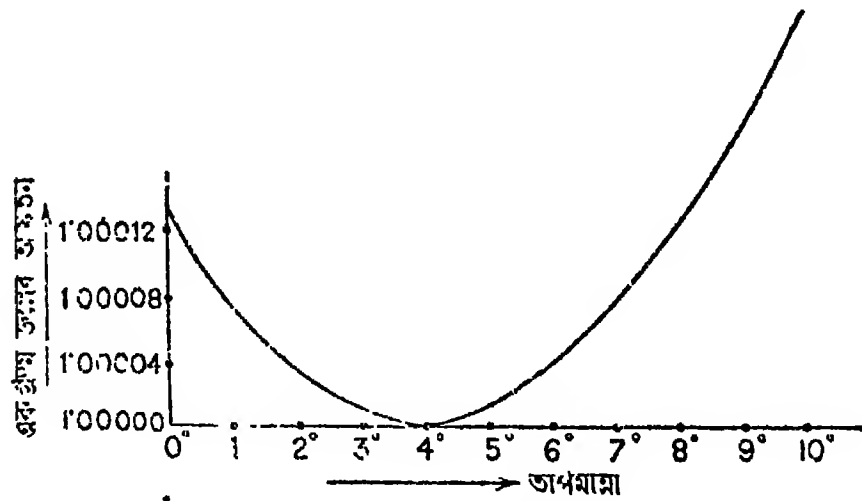
4খ, নং চিত্রে প্রদর্শিত ডিলাটোমিটারের সাহায্যে জলের উপরোক্ত ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার দেখানো যাইতে পারে।

ডিলাটোমিটারের আয়তনের $\frac{1}{4}$ অংশ পারদ দ্বারা পূর্ণ কর। পারদের প্রসারণ গুণক কাচ অপেক্ষা সাতগুণ বলিয়া ডিলাটোমিটারের বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনে বদলাইবে না। সুতরাং ঐ অংশে যদি কোন তরল থাকে তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ বা সংকোচন হইবে।

জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার পরীক্ষা করিবার জন্য উপরোক্ত পারদপূর্ণ ডিলাটোমিটারের নলের কোন এক দাগ পর্যন্ত পাতিত জল (distilled water) দ্বারা পূর্ণ কর। এখন কুণ্ড ও নলের ঐ দাগ পর্যন্ত 0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত বরফ-জলে নিমজ্জিত কর। যখন নলে জলের তল স্থির হইবে তখন উহার আয়তন লক্ষ্য কর। বরফ-জলে একটি থার্মোমিটার ডুবান। এখন আস্তে আস্তে বরফজলকে উষ্ণ কর এবং প্রতি $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা অন্তর স্কেলে জলের তল কোন দাগ পর্যন্ত থাকে তাহা লক্ষ্য কর। এইভাবে জলকে 10°C পর্যন্ত উষ্ণ

কর। দেখা যাইবে যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জলের তল স্কেল বাহিয়া নামিতে থাকিবে এবং পরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে জলের তল স্কেল বাহিয়া উঠিতে থাকিবে।

এক গ্রাম জলের আয়তন (সি. জি. এস পদ্ধতিতে) তাপমাত্রার সহিত কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা আয়তন-তাপমাত্রা লেখ-চিত্রে (graph) দেখানো হইল (৪৬ নং চিত্র)। এই লেখ-চিত্রে আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ (vertical axis) এবং তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ (horizontal



আয়তন তাপমাত্রা লেখ-চিত্র

চিত্র ৪৬

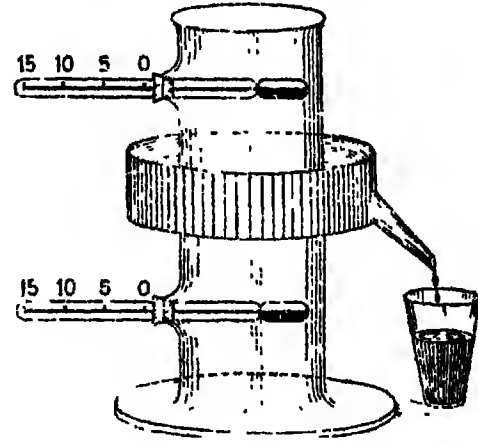
axis) ব্যবহার অঙ্কন করা হইয়াছে। চিত্র হইতে ইহা পবিষ্কাররূপে বোঝা যায় যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত আয়তন ক্রমশঃ কমিতে গিয়া 4°C -এ আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। পরে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে আয়তন বৃদ্ধি পাইতেছে।

অতএব 4°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

লেখ-চিত্রে আর একটি জিনিস লক্ষ্য করিবার আছে। 4°C -এর কাছাকাছি লেখ-চিত্রের অংশ অনেকটা অনুভূমিক। ইহা প্রমাণ করে যে, 4°C -র কাছাকাছি সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে জলের ঘনত্বের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। এই কারণে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্বকে একক ধরা হয়।

4-10. 4°C -এ জলের সর্বোচ্চ ঘনত্ব প্রদর্শনের জন্য হোপের পরীক্ষা (Hope's experiment to demonstrate the maximum density of water at 4°C) :

4৮ নং চিত্রে এই পরীক্ষার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি লম্বা কাচের চোঙ। ইহার গায়ের দুইটি ছিদ্র দিয়া দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো। এই দুই থার্মোমিটারের মাঝখানে এবং চোঙের মাঝ বরাবর একটি পাত্রে চোঙকে ঘিবিয়া আছে। এই পাত্রে কাবণ ও বরফ মিশাইয়া একটি হিম-মিশ্রণ (freezing mixture) রাখা আছে। এই মিশ্রণের তাপমাত্রা -20°C . মিশ্রণের বরফ গলিয়া জল হইলে তাহা নিষ্কাশনের জন্য ঐ পাত্রে একটি নল থাকে।



হোপের পরীক্ষার ব্যবস্থা

এখন চোঙটি বিশুদ্ধ জলদ্বারা পূর্ণ

চিত্র 4৮

কর। প্রথমে দুইটি থার্মোমিটারই সমান তাপমাত্রা দেখাইবে! কিন্তু কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতেছে কিন্তু উপরের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা ঠিকই আছে। উহাব কাবণ এই যে, হিম-মিশ্রণযুক্ত পাত্রে কাছাকাছি জল হিম-মিশ্রণের সংস্পর্শে ঠাণ্ডা হইয়া আয়তনে সঙ্কুচিত হইবে এবং উহাব ঘনত্ব বাড়ে। এই ভারী ঠাণ্ডা জল নীচের দিকে নামিবে এবং নীচ হইতে অপেক্ষাকৃত হালকা ও গরম জল উপরের দিকে যাইবে এবং যখন হিম-মিশ্রণের কাছে পৌঁছাইবে তখন আবার ঠাণ্ডা হইবে। এই ঠাণ্ডা জল ভারী হইয়া আবার নীচের দিকে যাইবে। জলের এই চলাচলের দরুন নীচের থার্মোমিটারে তাপমাত্রা ক্রমশ কমিতে থাকিবে। কিন্তু উপরের থার্মোমিটারে কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কারণ, উপরের জলের কোন চলাচল না হওয়ায় উহাভার কোন পরিবর্তন এষাবৎ হইবে না।

যখন নীচের থার্মোমিটারে 4°C তাপমাত্রা হইবে তখন নীচের জলের তাপমাত্রা আর কমিতে দেখা যাইবে না। ইহা প্রমাণ করে যে হিম-মিশ্রণযুক্ত পাত্রে কাছাকাছি জল 4°C অপেক্ষা আবো ঠাণ্ডা হওয়াতে ভারী হইতেছে না—অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়িতেছে না। বরং এবার দেখা যাইবে যে, উপরের

থার্মোমিটারে তাপমাত্রা কমিতে শুরু করিয়াছে। ইহার কারণ, হিম-মিশ্রণ পাত্রের কাছাকাছি জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হওয়াতে ঘনত্ব কমিয়া গেল এবং হালকা হওয়াতে উপরের দিকে উঠিল। যখন, ঐ পাত্রের কাছাকাছি জলের 0°C -এর কম তাপমাত্রা হইবে তখন ঐ জল জমিয়া বরফ হইবে এবং জল অপেক্ষা বরফ হালকা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠিবে। সুতরাং, উপরের থার্মোমিটার 0°C তাপমাত্রা দেখাইবে কিন্তু নীচের জল এবং নীচের থার্মোমিটার সবদা 4°C তাপমাত্রায় থাকিবে।

অতএব এই পরীক্ষা প্রমাণ কবে যে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ।

4-11. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফল (Consequence of anomalous expansion of water) :

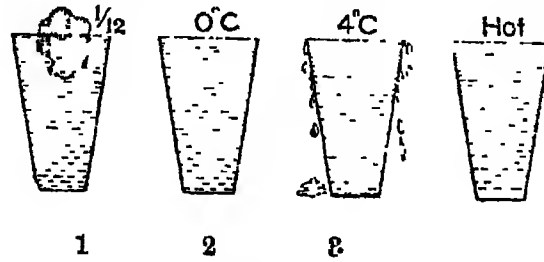
জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনে জলচর প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। কাজেই প্রকৃতি জলের এই অদ্ভুত ব্যবহারকে নিজেও কাজে লাগাইয়াছে।

কোন নদী বা পুকুরের জল খুব ঠাণ্ডা হইলে কিরূপ অবস্থান উদ্ভব হয় তাহা উপরোক্ত হোপের পরীক্ষা হইতে সহজেই বোঝা যায়। প্রথমে জলের উপবিভাগ ঠাণ্ডা হওয়াব সংস্পর্শে ক্রমশ শীতল হইয়া ভারী হইবে এবং ওলায় চলিয়া যাইবে। তলার অপেক্ষাকৃত গভীর জল উপরের দিকে আসিবে। কাজেই তলায় জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবে। কিন্তু যেই তলায় জলের তাপমাত্রা 4°C হইল তখন আর জল তলার দিকে আসিবে না। কারণ, উপরের জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হইলে হালকা হইবে এবং উপরেই থাকিবে। কাজেই উপরের জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া বরফে পরিণত হইবে কিন্তু তাহার তলার জল 4°C -এ উষ্ণ থাকিবে। বরফ যদি জল অপেক্ষা ভারী হইত তবে বরফ নীচে ডুবিয়া যাইত এবং সেক্ষেত্রে জলাশয়ের সব জল জমিয়া বরফে পরিণত হইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়ম এমনই যে তাহা হইতে পারে না। সেজন্য প্রচণ্ড শীতের দিনেও যখন পুকুর বা নদীর উপবিভাগ জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন নীচের জল 4°C তাপমাত্রায় থাকে এবং এই কারণে মাছ এবং অন্যান্য জলচর প্রাণী শীতের দিনেও বাঁচিয়া থাকে।

4-12. জলের আয়তন সম্পর্কিত একটি সমস্যা (A problem in connection with the volume of water) :

জলের আয়তন সম্পর্কে একটি কৌতূহলোদ্দীপক প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে। মনে কর, একটি গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ এবং ঐ অবস্থায় জলের ভিতর এক টুকরা বরফ ভাসিতেছে। এখন প্রশ্ন হইতেছে যে বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইলে এবং জলের তাপমাত্রা 0°C থাকিলে জলের তল কোথায় থাকিবে? গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C করিয়া অথবা উত্তপ্ত জল লইয়া বরফ ভাসাইলেই বা জলের তল কোথায় থাকিবে?

গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ থাকায় এবং গলিয়া আরো জল তৈয়াবী হওয়ায় স্বভাবত মনে হইবে যে জল গ্লাস হইতে উপচাইয়া পড়িবে। কিন্তু তাহা হইবে না; জলের তল যেমন ছিল তেমনি থাকিবে। ইহাব কারণ এই যে 0°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. বরফ পাওয়া যায়। ঐ বরফ যখন জলে ভাসে তখন উহার আয়তনের 12 ভাগের এক ভাগ জলের বাহিবে এবং 11 ভাগ জলের ভিতরে থাকে [চিত্র দেখ]।



চিত্র 4চ (i)

সুতরাং ভাসমান অবস্থায় বরফ উহার আয়তনের ঐ 11 ভাগ জল অপসারণ করিয়া ভাসিবে। আবার গলিয়া জল হইলে ঐ 11 ভাগ জল পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান হওয়ায় 0°C তাপমাত্রায় বরফ গলিয়া গেলেও গ্লাস কানায় কানায় ভর্তি থাকিবে—জলের তলের কোন পরিবর্তন হইবে না (দ্বিতীয় ছবি দেখ)।

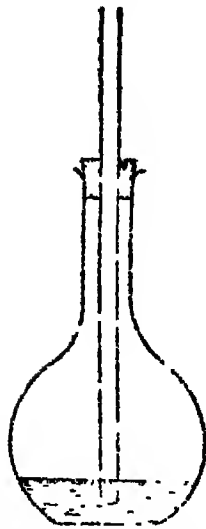
যদি 4°C তাপমাত্রায় জলে বরফ ভাসে তবে বরফ ঐ জল হইতে তাপ লইয়া গলিবে এবং বরফ গলা-জল এবং গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C অপেক্ষা কম হইবে। এক্ষেত্রে যদিও বরফ গলা জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি সমগ্র জলের তাপমাত্রা 4°C এর কম হওয়াতে জলের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। কারণ আমরা জানি জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে জলের তাপমাত্রা 4°C -এর কম হইলে জলের আয়তন বৃদ্ধি পায়। ফলে গ্লাসের জল উপচাইয়া পড়িবে (তৃতীয় ছবি দেখ)।

যদি উত্তপ্ত জলে বরফ ভাসান হয় তবে সমগ্র জলের তাপমাত্রা বরফ গলিবার ফলে হ্রাস পাইবে। যদিও বরফ গলা জল এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি উচ্চ তাপমাত্রা (4°C অপেক্ষা অনেক বেশী) হইতে নিম্ন তাপমাত্রায় আসিবার ফলে জলের আয়তনের সংকোচন হইবে এবং জলের তল খানিকটা নামিয়া আসিবে (চতুর্থ ছবি দেখ)।

গ্যাসের প্রসারণ

4-13. সূচনা :

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের ত্রায় গ্যাসেরও প্রসারণ হয়। গ্যাসের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে।



গ্যাসের প্রসারণ
দেখাইবার ব্যবস্থা

চিত্র 4ছ

তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ কঠিন বা তরল পদার্থের প্রসারণ অপেক্ষা অনেক বেশী, তাছাড়া সমান তাপ প্রয়োগে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন বা তরল পদার্থের ত্রায় হয় না। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা গ্যাসের প্রসারণের উপবোক্ত বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করানো যায়।

পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু রঙিন জল ঢাল এবং বর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর (4ছ নং চিত্র)। ফ্লাস্কের ত্রিভুজ দিগে একটি সরু কাচের টুকরো দ্বারা উহাতে নলটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌছায়। জল ছাড়া ফ্লাস্কের বাকী অংশ বায়ুপূর্ণ। এইবার ডুই হাত দিয়া ফ্লাস্কটির উপরাংশ আবৃত করিলে দেখা যাইবে যে কাচের বাহুর রঙিন জল উর্ধ্বে উঠিয়াছে। কেন এরূপ হয়?

হাতের উত্তাপে ফ্লাস্কের উপরাংশে যে-বায়ু আছে তাহার আয়তনের প্রসারণ হইতে চায়। ফলে উহা জলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা অনেক কাচের বাহুর খানিকটা উপরে তুলিয়া দেয়।

এইবার পূর্বে বর্ণিত ফ্লাস্কের ত্রায় দুইটি ফ্লাস্ক লও এবং উহাদের ভিতর সম আয়তনের রঙিন জল রাখ বাহাতে ফ্লাস্ক দুইটিতে গ্যাস থাকিবার জন্ম

সম-আয়তনের আয়তন থাকে। একটি ক্লাসে বায়ু ও দ্বিতীয় ক্লাসে অল্প কোন গ্যাস—ধর, হাইড্রোজেন—রাখা হইল। এইবার ক্লাস দুইটিকে গরম জলপূর্ণ একটি বড় গামলায় রাখ। দেখিবে যে দুইটি ক্লাসের কাচনলেই রঙিন জল সমান উর্ধ্বে উঠিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে, সমান তাপ পাইলে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় আয়তন প্রসারণ সমান হয় না।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সাধারণ ঘটনা হইতে গ্যাসের প্রসারণশীলতা সহজে তোমাদের ধারণা পরিষ্কার হইবে :

(ক) একটি বেলুনে কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া মুখ শক্ত করিয়া আটকাও। এইবার বেলুনটিকে একটু উত্তপ্ত কর। দেখিবে বেলুনটি ফুলিয়া উঠিয়াছে। ইহার কারণ বায়ুর প্রসারণশীলতা। বেলুনের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হয় এবং বেলুনের উপর বহির্মুখী চাপ দেয়। তখন বেলুন ফুলিয়া ওঠে। বেলুনটিকে এইবার ঠাণ্ডা কর। দেখিবে বেলুনটি ঠাণ্ডা হইয়া যখন পূর্বের তাপমাত্রা পাইবে তখন উহা থানিকটা চুপসাইয়া গিয়াছে।

(খ) একটি কাচের বোতলের মুখ বন্ধ করিয়া আটকাইয়া উনানের পাশে রাখ। কিছুক্ষণ পবে দেখিবে যে জোর শব্দ করিয়া বর্ক বোতলেব মুখ হইতে ছিটকাইয়া বাহির হইয়া গিয়াছে। কেন এরূপ হইল জান কি ? উনানের উত্তাপে বোতলেব ভিতরকার বায়ু আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় কিন্তু কাচের দেওয়াল এই প্রসারণকে বাধা দেয়। ফলে বায়ুর চাপ খুব বাড়িয়া যায়। এই বর্ধিত বায়ুর চাপ বর্ককে সঙ্গে লৈ ঠেলিয়া বাহির করিয়া দেয়।

(গ) দুপ উৎলাইয়া উঠিবার কথা তোমরা জান। আর কড়া দুপ ভাল দিলে উৎলাইয়া কড়া ভতি করিয়া ফেলে। কেন এইরূপ হয় ? তুধেব ভিত্তন কিছু বায়ু সর্বদা স্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উত্তাপ পাইয়া এই বায়ু প্রসারিত হয়। তাই দুপ উৎলাইয়া উঠে।

4-14. গ্যাসের প্রসারণের উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব :
গ্যাসের সূত্র (Gas Laws) :

গ্যাসের প্রসারণের বৈশিষ্ট্য এই যে চাপ ও তাপমাত্রার সামান্য প্রভেদে গ্যাসের প্রসারণের যথেষ্ট তারতম্য দেখা যায়। চাপ প্রয়োগে বা হ্রাসে কঠিন বা তরল পদার্থের সংকোচন বা প্রসারণ এত কম যে তাহা সম্পূর্ণ অগ্রাহ্য করা যায়। কিন্তু তাপমাত্রা স্থির রাখিলেও চাপের সামান্য প্রভেদে কিছু পরিমাণ

গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন দেখা যায়। আবার চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রা সামান্য পরিবর্তন করিলে উক্ত গ্যাসের আয়তন যথেষ্ট পরিবর্তিত হইবে। সুতরাং গ্যাসের আয়তন প্রসারণ বিবেচনা করিতে হইলে চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েরই কথা চিন্তা করিতে হইবে। চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সূত্রগুলিকে গ্যাসের সূত্র বলা হয়। নিম্নে এই সূত্রগুলির আলোচনা করা হইল।

(ক) বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) :

তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং উহার উপর চাপ P হয়, তবে উপবোক্ত সূত্রানুযায়ী

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হয়।}$$

অর্থাৎ, $VP = \text{ধ্রুবক।}$

কাজেই, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 হয়, তবে

$$V_1 P_1 = V_2 P_2 = V_3 P_3 \text{ ইত্যাদি।}$$

(খ) চার্লসের সূত্র (Charles' Law) :

চাপ স্থির থাকিলে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উক্ত গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় যে আয়তন হয় তাহার একটি নির্দিষ্ট ভগ্নাংশে ($\frac{1}{273}$) বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ধরা যাউক, 0°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 , সুতরাং, চার্লসের সূত্রানুযায়ী,

$$1^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} = V_0 + V_0 \cdot \frac{1}{273}$$

$$2^\circ\text{C} \quad \quad \quad = V_0 + V_0 \cdot \frac{2}{273}$$

$$t^\circ\text{C} \quad \quad \quad = V_0 + V_0 \cdot \frac{t}{273}$$

$$t^\circ\text{C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনকে } V \text{ ধরা হইলে, } V = V_0 (1 + \frac{t}{273})$$

অর্থাৎ যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করিয়া হ্রাস করা যায়, তবে $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন $V = V_0 (1 - \frac{t}{273})$.

4-15. চার্লস সূত্রের একটি সহজ পরীক্ষামূলক প্রমাণ (A simple experimental verification of Charles' law) :

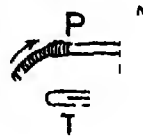
ধব, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0 এবং 100°C তাপমাত্রায় আয়তন V_{100} , চার্লসের সূত্র হইতে আমবা লিখিতে পারি,

$$\frac{V_{100} - V_0}{V \times 100} = \frac{1}{273}$$

আমবা যদি উপবোক্ত সম্পর্ক পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিতে পারি তবে চার্লসের সূত্রেরও পরীক্ষামূলক প্রমাণ হইবে।

A একটি একমুখ বন্ধ সমপ্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাচনল—দৈর্ঘ্যে প্রায় আধ মিটার (চিত্র 4 জ)। এই নলের মধ্যে একটি পাবদ (C) ঢুকানো আছে। ইহা সূচকের কাজ করিবে। পাবদ

সূচক হইতে কাচনলের বন্ধ মুখ পর্যন্ত স্থান বায়ুপূর্ণ। নলটিকে



আব একটি মোটা কাচনল (J)

চিত্র 4 জ

ধাবা আবৃত করা আছে। এই জ্যাকট-নলের দুই মুখের দুই ছিপি দিয়া একটি আগম নল (P) এবং একটি নির্গমন নল (Q) লাগানো আছে। তাছাড়া, একটি থার্মোমিটার (T) জ্যাকট-নলের মধ্যে ঢুকানো আছে। সরু কাচনলটিকে জ্যাকট-নলের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া একটি অবলম্বনের সাহায্যে অন্তর্ভুক্ত অবস্থায় রাখা আছে যাতে সরু নলের খোলামুখ জ্যাকট নলের বাহিরে থাকে।

এখন, আগম-নল (P) দিয়া জ্যাকটের ভিতর বরফ জল প্রবেশ করাইতে হইবে। এই জল নির্গমন নল (Q) দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। বরফ জলের সংস্পর্শে A নলের বায়ুর তাপমাত্রা থার্মোমিটার T হইতে পাওয়া যাইবে। তাপমাত্রা কমার সময় A নলের বায়ুর আয়তন হ্রাস পাইবে এবং সূচক C একটু একটু কবিতা বাদিকে সরিয়া যাইবে। যখন তাপমাত্রা 0°C হইবে তখন সূচক C একস্থানে স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। একটি স্কেলের সাহায্যে A নলের বন্ধমুখ হইতে সূচক যেখানে স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে সেই পর্যন্ত দূরত্ব মাপ। এখন জ্যাকটের জল সম্পূর্ণ বাহির করিয়া জ্যাকটের ভিতর স্ফীম পাঠাইতে হইবে। ইহাতে A নলের বায়ুর তাপমাত্রা বাড়িবে এবং বায়ুর আয়তনের প্রসারণ

হইবে। তখন স্চক C একটু একটু করিয়া ডানদিকে সরিয়া যাইবে। যখন তাপমাত্রা বাড়িয়া 100°C হইবে তখন স্চক এক জায়গায় (ধর, C' অবস্থানে) স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। বন্ধ মুখ হইতে C' পর্যন্ত দূরত্ব স্কেল দ্বারা মাপ। A নলের খোলামুখ বায়ুমণ্ডলে উন্মুক্ত বলিয়া নলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুচাপ সর্বদা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান থাকিবে। অর্থাৎ এস্থলে চাপ স্থির রাখা হইল।

ধর, 0°C তাপমাত্রায় A নলের বায়ু অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য $=l_0$ cm এবং 100°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য $=l_{100}$ cm. এক্ষেত্রে A নলের প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান হওয়ায় ঐ দুই অবস্থায় বায়ুর আয়তন দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক ধরা যাইতে পারে। অর্থাৎ,

$$\frac{V_{100} - V_0}{V_0 \times 100} = \frac{l_{100} - l_0}{l_0 \times 100}$$

এখন, l_0, l_{100} আমাদের জানা আছে। উহাদের মান বসাইলে দেখা যাবে যে উৎকৃষ্ট অনুপাত $\frac{1}{273}$ হইতেছে। ইহা চার্লস' সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে।

4-16. তাপমাত্রার চরম স্কেল (Absolute scale of temperature):

চার্লসের সূত্র হইতে দেখা গেল, $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা হ্রাসে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $V = V_0(1 - \frac{t}{273})$.

যদি তাপমাত্রা 273°C হ্রাস করা যায় অর্থাৎ -273°C তাপমাত্রায় উৎকৃষ্ট আয়তন $V = V_0(1 - \frac{273}{273}) = 0$.

অর্থাৎ, উৎকৃষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। ইহা অপেক্ষা কম তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হইবে। কিন্তু ঋণাত্মক আয়তনের কোন অর্থ নাই। ইহা একটি অব্যবহার্য ব্যাপার। ইহা শুধু গণিতের নিয়মেই (mathematically) সম্ভব। কিন্তু ইহা দ্বারা একটি নতুন তাপমাত্রামাপক স্কেল উদ্ভাবিত হইয়াছে। ইহাকেই বলা হয় তাপমাত্রার চরম স্কেল। ইহাও শূন্য লাগ -273°C , কারণ ইহা অপেক্ষা কম তাপমাত্রা আমরা কল্পনা করিতে পারি না। প্রত্যাং হিমাক্ষ অর্থাৎ 0°C এই স্কেল অনুযায়ী 273°A এবং সচনাক্ষ অর্থাৎ 100°C হইবে 373°A .

[**উল্লেখ্য :** সেন্টিগ্রেড বা ফারেনহাইট স্কেলে 0° নির্বাচনের পিছনে কোন যুক্তি নাই। উহা ষোলমত করা হইরাছে। কিন্তু চরম স্কেলের 0° নির্বাচনের পিছনে বিজ্ঞান-সম্মত কারণ আছে। সকল গ্যাসই ঐ তাপমাত্রায় শূন্য আয়তনযুক্ত হইবে এবং উহা অপেক্ষা নিম্নতর কোন তাপমাত্রা কল্পনাভীত বলিয়া উহাকেই 0° ডিগ্রী ধরা যুক্তিযুক্ত। তাছাড়া এই স্কেল গ্যাস-নিরপেক্ষ বলিয়া ইহাকে চরম স্কেল বলাও সম্ভব।]

যদি সেন্টিগ্রেড স্কেলে কোন তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ হয় তবে চরম স্কেলে উহাকে T ধরা হইলে, $T = 273 + t$

আমরা চার্লসের সূত্র হইতে জানি যে

$$V = V_0(1 + \frac{t}{273}) = V_0(\frac{273+t}{273}) = \frac{V_0 T}{273} = \frac{V_0 T}{T_0}$$

$$\text{or, } \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$$

অথবা, $V \propto T$

অর্থাৎ, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার চরম তাপমাত্রার (absolute temperature) সমানুপাতিক হয়। চার্লসের সূত্রকে এইভাবেও বলা যাইতে পারে।

4-17. চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় (Combination of Charles' and Boyle's law) :

ধর, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন, তাপমাত্রা ও চাপ যথাক্রমে V_1 , T_1 , এবং P_1 .

(i) এখন, চাপ স্থির রাখিয়া, ধর, গ্যাসের তাপমাত্রা T_2 করা হইল যাহাতে গ্যাসের আয়তন দাঁড়াইল V' , চার্লস সূত্র হইতে লেখা যাইবে,

$$\frac{V'}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \text{ অথবা, } V' = V_1 \frac{T_2}{T_1}$$

(ii) এইবার তাপমাত্রা T_2 স্থির রাখিয়া চাপ পরিবর্তিত করিয়া P_2 করা হইল যাহাতে আয়তন V' পরিবর্তিত হইয়া দাঁড়াইল V_2 , এক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পাবি, $P_2 V_2 = P_1 V' = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1}$

$$\text{or, } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা উপরোক্ত সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

[**মন্তব্য :** সাধারণভাবে কোম গ্যাসই সকল তাপমাত্রায় বরেন বা চার্জের
 ক্ষেত্রে যথাযথ মানিয়া চলে না। এই সম্পর্কে একটি আদর্শ গ্যাসের (ideal or
 perfect gas) কল্পনা করা হইয়াছে। যে গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই উপরোক্ত
 দুই ক্ষেত্রে অর্থাৎ গ্যাসের ক্ষেত্রে পূর্ণাঙ্গ মানিয়া চলিবে উহাকেই আদর্শ গ্যাস বলা হয়।
 মনে রাখিতে হইবে যে আদর্শ গ্যাস নিছক কল্পনা মাত্র।]

উদাহরণ :

(1) 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ
 বায়ুর আয়তন 1000 cc. , কত তাপমাত্রায় এবং 750 mm. পারদের চাপে
 ঐ বায়ুর আয়তন 1400 c.c. হইবে ?

[A quantity of air occupies 1000 c.c. at 20°C and 760 mm. pressure. At what temperature will it occupy 1400 c.c. at 750 mm. pressure ?]

$$\begin{aligned} \text{উ। এখানে } V_1 &= 1000 \text{ c.c.} & V_2 &= 1400 \text{ cc.} \\ P_1 &= 760 \text{ mm.} & P_2 &= 750 \text{ mm.} \\ T_1 &= (20 + 273)^{\circ}\text{A} & T_2 &= ? \end{aligned}$$

$$\text{আমরা জানি } \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1000 \times 760}{273 + 20} = \frac{1400 \times 750}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } T_2 = \frac{1400 \times 750 \times 293}{1000 \times 760} = 404.8^{\circ}\text{A}$$

$$\text{সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে } t_2 = 404.8 - 273$$

$$= 131.8^{\circ}\text{C}$$

(2) 10°C তাপমাত্রায় 1 litre গ্যাসে তাপপ্রয়োগ করিয়া উহার চাপ
 ও আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। তখনকার তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

[The volume and pressure of 1 litre of a gas at 10°C are doubled by applying heat. Calculate the consequent temperature.]

উ। ধরা দাঁউক, প্রথমে গ্যাসের চাপ = P ; উহার আয়তন = 1 litre ও
তাপমাত্রা = $10 + 273 = 283^\circ A$

পরে গ্যাসের চাপ = $2P$ এবং আয়তন = 2 litres ; $T_2 = ?$

$$\text{আমরা জানি } \frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$$

$$\text{এক্ষেত্রে } \frac{1 \times P}{283} = \frac{2 \times 2P}{T_2}$$

$$\text{অথবা, } T_2 = 4 \times 283 = 1132^\circ A$$

$$\text{সুতরাং, সেণ্টিগ্রেড স্কেলে } t = 1132 - 273 = 859^\circ C$$

(3) $18^\circ C$ তাপমাত্রায় 100 litres অক্সিজেন গ্যাস একটি চোঙে প্রবেশ করানো হইল। চোঙটির অভ্যন্তরীণ আয়তন 10 litres হইলে চোঙেব ভিতর-কার গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

যদি চোঙটি সর্বোচ্চ চাপ 200 lb per sq. inch সহ্য করিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে কত তাপমাত্রা পর্যন্ত উহাকে উত্তপ্ত করা যাইতে পারে যাহাতে চোঙটি না ফাটে ? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 15 lbs per sq. inch.

[100 litres of Oxygen at atmospheric pressure and at $18^\circ C$ are compressed into a cylinder whose internal capacity is 10 litres. What will be the pressure inside the cylinder ?

The cylinder is guaranteed to withstand a pressure of 200 lbs. per sq. inch. At what temperature would there be a danger of bursting ? Atmospheric pressure = 15 lbs per sq. inch.]

উ। প্রথম ক্ষেত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকায় আমরা লিখিতে পারি,
(বয়েলের সূত্রানুযায়ী) $P_1 V_1 = P_2 V_2$

এস্থলে

$$P_1 = 15 \text{ lbs/sq. inch ; } V_1 = 100 \text{ litres ; } V_2 = 10 \text{ litres ; } P_2 = ?$$

$$\text{কাজেই, } 15 \times 100 = P_2 \times 10$$

$$\therefore P_2 = 150 \text{ lbs/sq. inch.}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, আয়তন স্থির থাকায়, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P'}{T'}$$

এখানে, $P_2 = 150 \text{ lbs/sq. inch}$; $T_2 = 273 + 18 = 291^\circ$;
 $P' = 200 \text{ lbs/sq. inch}$; $T' = ?$

$$\text{কাজেই, } \frac{150}{291} = \frac{200}{T'}$$

$$\text{or, } T' = \frac{291 \times 4}{3} = 388^\circ$$

অতএব, সেন্টিগ্রেড স্কেলে নির্ণেয় তাপমাত্রা $= 388 - 273 = 115^\circ\text{C}$.

(4) জল অপসারণ পদ্ধতিতে একটি 100 c.c. নলে গ্যাস সংগ্রহ করিয়া গ্যাসের আয়তন 72.8 c.c. পাওয়া গেল। ঐ সময়ের তাপমাত্রা ছিল 25°C এবং বায়ু-চাপ ছিল 74.39 cm. পাবদস্তস্ত। স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর। 25°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 23.45 mm. পাবদস্তস্ত।

[A gas is collected over water in 100 c.c. tube and measures 72.8 c.c., the temperature and pressure of the atmosphere at the time are 25°C and 74.39 cm. of mercury respectively. Calculate the volume of dry gas at N. T. P. The vapour pressure of water at 25°C is 23.45 mm. of mercury.]

উ। জলের উপর গ্যাস সংগ্রহ করা হইয়াছে বলিয়া নলে শুষ্ক গ্যাস ও জলীয় বাষ্প থাকিবে।

অতএব, শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ু চাপ - জলীয় বাষ্পের চাপ।

$$= (74.39 - 23.45) = 50.94 \text{ cm. of mercury.}$$

$$\text{এখন, } P_1 = 50.94 \text{ cm.} \quad P_2 = 76 \text{ cm.}$$

$$V_1 = 72.8 \text{ cc.} \quad V_2 = ?$$

$$T_1 = 25 + 273 = 298^\circ\text{A} \quad T_2 = 273^\circ\text{A}$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{or, } \frac{50.94 \times 72.8}{298} = \frac{76 \times V_2}{273}$$

$$V_2 = \frac{50.94 \times 72.8 \times 273}{298 \times 76} = 64.42 \text{ cc.}$$

4-18. আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (The ideal gas equation) :

চাল'স ও বয়েলেব সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পূর্বোক্ত অনুচ্ছেদে (4-17)

দেখিয়াছি যে কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতে $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$ ।

ঐ ধ্রুবক-কে 'R' ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$PV = RT$$

কোন আদর্শ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার উপরোক্ত সমীকরণকে বলা হয় আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ ।

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে ধ্রুবক 'R' যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ । যদি এক গ্রাম-অণু (gramme-molecule) গ্যাসের কথা চিন্তা করা হয় তবে ঐ ধ্রুবক-কে বলা হয় **সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক** (universal gas constant) এবং যে-কোন গ্যাসের বেলাতে উহা'র মান সমান ।

কিন্তু যদি 'n' গ্রাম-অণু গ্যাসের কথা বিবেচনা করা হয় তবে উপরোক্ত গ্যাস সমীকরণকে নিম্নলিখিত ভাবে লেখা যাইবে,

$$PV = nRT \\ = KT \quad [K = nR]$$

এক্ষেত্রে 'K'-এর মান গ্যাসের ভরের উপর নির্ভর করিবে ।

4-19. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান (Magnitude of universal gas constant) :

এক গ্রাম-অণু গ্যাস হইলে, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ হইলে কোন তাপমাত্রা ও চাপে যে-কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতেই প্রযোজ্য হইবে ।

$$\text{অর্থাৎ, } R = \frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T_0}$$

এখানে, V_0 = স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন

$$= 22.4 \text{ litres}$$

$$= 22400 \text{ c.c.}$$

P_0 = স্বাভাবিক চাপ (76 cm. পারদের চাপ)

$$= 76 \times 13.59 \times 981 = 1.013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$

T_0 = স্বাভাবিক তাপমাত্রা (অর্থাৎ 0°C)

$$= (0 + 273) = 273^\circ\text{A.}$$

$$\text{কাজেই, } R = \frac{1.013 \times 10^6 \times 22400}{273} = 8.31 \times 10^7 \text{ ergs } ^\circ\text{C.}$$

4-20. গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক
(Relation between the pressure, temperature and density of a gas) :

ধর, কিছু পবিমাণ গ্যাসের ভর ' m ' এবং T_1 তাপমাত্রায় উহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 এবং D_1 ; যদি তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইয়া T_2 হয় তবে উহার আয়তন ও ঘনত্ব উভয়ই পরিবর্তিত হইবে ; কিন্তু ভর ঠিক থাকিবে।

মনে কর পরিবর্তিত আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 এবং D_2 .

$$\text{অতএব } V_1 D_1 = m = V_2 D_2$$

$$\text{or, } V_1 = \frac{m}{D_1} \text{ এবং } V_2 = \frac{m}{D_2}$$

যদি ঐ দুই তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1 এবং P_2 হয়, তবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হইতে আমরা জানি,

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{অথবা } \frac{P_1 m}{D_1 T_1} = \frac{P_2 m}{D_2 T_2}$$

$$\text{” } \frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P}{DT} = \text{ধ্রুবক।}$$

উদাহরণ : স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 litre শুষ্ক বায়ুর ওজন 1.293 gms , 3 বায়ুমণ্ডল চাপে এবং 100°C তাপমাত্রায় 3 litres শুষ্ক বায়ুর ওজন কত হইবে ?

[A litre of dry air at N. T. P. weighs 1.293 gms. What would be the weight of 3 litres at 100°C and a pressure of 3 atmospheres ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা এবং চাপে শুষ্ক বায়ুর ঘনত্ব (D_1 ধর)

$$= 1.293 \text{ gms/litre}$$

100°C তাপমাত্রায় এবং 3 বায়ুমণ্ডল চাপে উহার ঘনত্ব $= D_2$ (ধর)

এখান, $P_1 = 1 \text{ atmosphere}$, $T_1 = 273^\circ\text{A}$, $D_1 = 1.293 \text{ gms/litre}$

এবং $P_2 = 3 \text{ atmospheres}$, $T_2 = 273^\circ + 100^\circ = 373^\circ \text{A}$. $D_2 = ?$

আমরা জানি, $\frac{P_1}{D_1 T_1} = \frac{P_2}{D_2 T_2}$

$$\text{অথবা, } D_2 = \frac{P_2 D_1 T_1}{P_1 T_2} = \frac{3 \times 1.293 \times 273}{1 \times 373} \\ = 2.84 \text{ gms/litre}$$

$\therefore 3 \text{ litres শুষ্ক বায়ুর ওজন} = 3 \times 2.84 \text{ gms} = 8.52 \text{ gms}$.

4-21. গ্যাসের প্রসারণ গুণক (Co-efficient of expansion of gases) :

কঠিন ও তরল পদার্থ অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণশীলতা (expansibility) বা সংনমনশীলতা (compressibility) অনেক বেশী তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসেব তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ব্যবস্থা অন্তরায়ী উহাব আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পাবে কিংবা চাপের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে। এই কাবণে গ্যাসেব প্রসারণ গুণক দুইটি পবা হয়। (1) চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহাব দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **আয়তন গুণক** (volume co-efficient) এবং (2) আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রাব হ্রাস-বৃদ্ধিতে চাপের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণক যাহাকে বলা হয় **চাপ গুণক** (pressure co-efficient)।

(1) **আয়তন গুণক** [Volume co-efficient (γ_v)] : চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহাব প্রতি একক আয়তনে যে আয়তন বৃদ্ধি হইবে উহাকে উক্ত গ্যাসেব আয়তন গুণক বলা হয়। এই গুণক সব গ্যাসের বেলাতেই সমান।

মনে কর, 0°C এবং $t^\circ \text{C}$ তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসেব আয়তন যথাক্রমে V_0 এবং V_t .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t - 0 = t^\circ \text{C}$ এবং আয়তন বৃদ্ধি $= V_t - V_0$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্ত আয়তন বৃদ্ধি $= \frac{V_t - V_0}{t}$ এবং

প্রতি একক আয়তনে আয়তন বৃদ্ধি $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

\therefore আয়তন গুণক (γ_v) $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

(2) চাপ গুণক [Pressure co-efficient (γ_v)] : আয়তন স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক চাপে যে চাপবৃদ্ধি হইবে উহাকেই উক্ত গ্যাসের চাপ গুণক বলা হয়। এই গুণকও সব গ্যাসের বেলাতে সমান।

পূর্বের মত, মনে কর, 0°C এবং $t^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_0 এবং P_t .

এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি $= t - 0 = t^\circ\text{C}$ এবং চাপবৃদ্ধি $= P_t - P_0$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য চাপবৃদ্ধি $= \frac{P_t - P_0}{t}$

এবং প্রতি একক চাপে চাপবৃদ্ধি $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$

\therefore চাপ গুণক (γ_v) $= \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$

4-22. গ্যাসের আয়তন গুণক নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C তাপমাত্রায় লইবার কারণ (Reason for taking initial volume at 0°C in calculating the volume co-efficient of a gas) :

গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন গুণক অথবা আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C -এব আয়তনকে লওয়া হয়। লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে তরল বা কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন যে-কোন তাপমাত্রায় আয়তনকে লওয়া হইয়াছে। ইহাব কারণ এই যে কঠিন বা তরলের আয়তন প্রসারণ গুণকের মান খুব কম বলিয়া ঐকপ করা চলে কিন্তু গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণক ($\frac{1}{273}$) যথেষ্ট বেশী হওয়ায় ঐকপ করা চলে না, উহাকে অনেক ভুল হইবে। যেমন, কোন তরল বা কঠিন পদার্থের আয়তন $t_1^\circ\text{C}$ এবং $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় V_1 এবং V_2 হইলে আমরা অনায়াসে লিখিতে পারি $V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$ [γ = তরল বা কঠিনের আয়তন প্রসারণ গুণক] কিন্তু গ্যাসের বেলাতে আমরা ঐকপ সবাসরি লিখিতে পারি না, সেক্ষেত্রে আমাদের লিখিতে হইবে $V_1 = V_0 \{1 + \gamma t_1\}$ এবং $V_2 = V_0 \{1 + \gamma t_2\}$ [γ = গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণক]।

একটি উদাহরণ দিতেছি। ধব, কোন গ্যাসের আয়তন 0°C তাপমাত্রায় 273 c. , তাহা হইলে 100°C এবং 120°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন নিয়মানুযায়ী হিসাব করিলে দাঁড়াইবে,

$$V_{100} = V_0 (1 + \frac{1}{273} \times 100) = 273 (1 + \frac{100}{273}) = 373 \text{ c.c.}$$

$$\text{এবং } V_{120} = V_0 (1 + \frac{120}{273}) = 273 (1 + \frac{120}{273}) = 393 \text{ c.c.}$$

এখন, V_{100} আয়তনকে প্রাথমিক আয়তন ধরিয়া V_{120} নির্ণয় করিবার চেষ্টা করিলে কি ফল পাওয়া যায় দেখা যাউক। এই নিয়মে,

$$\begin{aligned} V_{120} &= V_{100} \{1 + \frac{1}{273} (120 - 100)\} \\ &= 373 \{1 + \frac{20}{273}\} \\ &= 400.3 \text{ c.c.} \end{aligned}$$

দেখা যাউতেছে যে এই পদ্ধতিতে যে আয়তন হইল তাহা চার্লস-এর সূত্র অনুযায়ী নির্ণীত আয়তন (393 c.c.) অপেক্ষা অনেক বেশী। সুতরাং এই পদ্ধতি ত্রুটিপূর্ণ। সুতরাং মনে রাখিবে যে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C -এ লইতে হইবে।

4-23. গ্যাসের দুই প্রসারণ গুণকের সম্পর্ক :

মনে কর, চাপ স্থির রাখিয়া কিছু প্রাথমিক গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে $t^\circ\text{C}$ বৃদ্ধি করিলে উৎপন্ন আয়তন V_t হইতে V_0 হয়। 'সামান্য' আয়তন গুণক হইতে লিখিতে পারি,

$$\gamma_v = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

$$\text{অথবা, } V_t = V_0 + V_0 \gamma_v t$$

$$= V_0 (1 + \gamma_v t) \quad \dots (1)$$

এখন মনে কর, তাপমাত্রা $t^\circ\text{C}$ -এ স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ P_0 হইতে বাড়াইতে বাড়াইতে এমন (ধর, P_t) করা হইল যে গ্যাসের আয়তন V_t হইতে কমিতে কমিতে পূর্বের V_0 আয়তন হইল। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাউতে পারে যে,

$$P_t V_0 = P_0 V_t \quad \dots (ii)$$

সুতরাং (i) এবং (ii) সমীকরণদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পাই,

$$P_t V_0 = P_0 V_0 (1 + \gamma_v t)$$

$$\text{অথবা, } P_t = P_0 (1 + \gamma_p t) \quad \dots (iii)$$

কিন্তু যদি মনে করা যায় যে গ্যাসের আয়তন V_0 স্থির রাখিয়া উৎপন্ন

তাপমাত্রা 0°C হইতে $t^\circ\text{C}$ বৃদ্ধি করা হইল তবে চাপ গুণাঙ্ক হইতে আমবা পাই,

$$\gamma_v = \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$$

$$\begin{aligned} \text{অথবা, } P_t &= P_0 + P_0 \gamma_v t \\ &= P_0 (1 + \gamma_v t) \quad \dots\dots(\text{iv}) \end{aligned}$$

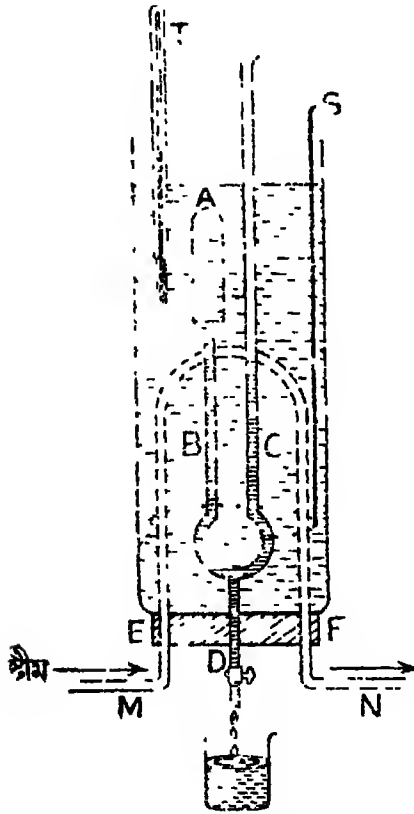
(iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমন্বয় করিলে লেখা যায়

$$\gamma_p = \gamma_v$$

অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক সমান। প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, এই গুণাঙ্কের মান $\frac{1}{273}$ অথবা '00366

(চার্লসের সূত্র দ্রষ্টব্য)।

4-24. গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্কদ্বয়ের পরীক্ষামূলক নির্ণয় (Experimental determination of the two co-efficients of expansion of gas) :



বৈদ্যুতিক স্থির-চাপ থার্মোমিটার

চিত্র 4ক

A যুক্ত। বাস্কেটটি বায়ুপূর্ণ এবং উহা গ্যাসে আয়তন সূচক দাগ কাটা

গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক (γ_v) নির্ণয়ের জন্য বেনোয় স্থির-চাপ থার্মোমিটার এবং চাপ গুণাঙ্কের (γ_p) জন্য জুলিও স্থির-আয়তন থার্মোমিটার প্রয়োজন। নিয়ে এত দুইটি থার্মোমিটারের বিবরণ ও গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

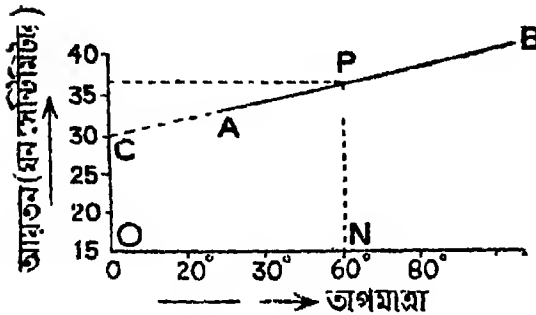
(ক) রেগনোয় স্থির-চাপ থার্মোমিটার ও আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় (Regnault's constant pressure thermometer and determination of volume co-efficient) :

যন্ত্রের বিবরণ : 4ক নং চিত্রে স্থির-চাপ থার্মোমিটারের নক্সা দেখানো হইল। BC, অনেকটা U-শব্দবের তায় বাকানো একটি কাচনল। ঐ নলের একমুখ খোলা এবং অপর মুখে একটি বাল্ব

আছে। বাল্বেবের কিছু অংশে এবং BC নলে সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা আছে। BC নলের ঠিক নীচু হইতে ছিপিকৃত একটি সরু নল D লাগানো আছে। বাল্বেবযুক্ত BC নলটিকে ঘিরিয়া একটি জলপূর্ণ মোটা কাচের চোঙ থাকে এবং উহার তলার মুখ একটি ববার-কর্ক মুটা দ্বারা বন্ধ। কর্কের মাঝখানের একটি ছিদ্র হইতে D নলটি বাহির হইয়া আসিয়াছে এবং গাশের দুইটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো তামাব নল MN ঢুকান আছে। এই নলের সাহায্যে চোঙের ভিতরে স্টীম পাঠানো হয়। তাহাতে চোঙের জল উত্তপ্ত হয়। জলকে নাড়িবার জন্য একটি আলোড়ক S এবং A বাল্বেব বায়ুর তাপমাত্রা মাপিবার জন্য বাল্বেবের নিবন্ধে একটি থার্মোমিটার T রাখিবার বন্দোবস্ত আছে। D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া অথবা C নলের খোলামুখ দিয়া কিছু অ্যাসিড নলে ঢালিয়া B এবং C বাহতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিলে A বাল্বেব বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

আয়তন গুণক নির্ণয় : MN নল দিয়া স্টীম পাঠাইবার পূর্বে B ও C বাহতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিয়া A বাল্বেব দাগ হইতে বায়ুর আয়তন নির্ণয় কর এবং T থার্মোমিটার হইতে জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। অতঃপর MN নল দিয়া স্টীম পাঠাও। ইহাতে চোঙের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং A বাল্বেবের বায়ুর তাপমাত্রাও জলের তাপমাত্রার সমান হইবে। ফলে, ঐ বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া D নলের অ্যাসিড লেভেলকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে C নলে অ্যাসিড লেভেল উর্দে উঠিবে। অতঃপর B এবং C নলের অ্যাসিড লেভেলদ্বয়ের উচ্চতায় পার্থক্য দেখা দিবে। স্টীম প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া এবং S আলোড়ক দ্বারা জল মদা নাড়িয়া জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে কিছুক্ষণ ঐ তাপমাত্রায় রাখিতে হইবে। ইত্যবসরে D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া পুনরায় B এবং C নলে অ্যাসিড লেভেল সমান করিতে হইবে। ফলে, ঐ বর্ধিত তাপমাত্রায় A বাল্বেব বায়ুচাপ পূর্বকার বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। ইহাতে বায়ুচাপ স্থির রাখা হয়। এখন A বাল্বেব দাগ হইতে এই বায়ুর আয়তন নির্ণয় কর। এইরূপ স্টীম-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ধাপে ধাপে জলের তাপমাত্রা 5°C কিংবা 10°C বৃদ্ধি করিয়া বায়ু-চাপ সমান রাখিতে হইবে এবং প্রতিবার বায়ুর আয়তন কত হয় নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর আয়তন-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপ-মাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর এবং আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে



চিত্র 4-এ

লেখচিত্রটি একটি সরল রেখা হইবে। 4-এ নং চিত্রে AB এই সরল রেখা। সরল রেখাটিকে বর্ধিত করিলে উহা আয়তনের অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিবে। OC পূর্বোক্ত বায়ুর 0°C তাপমাত্রায় আয়তন প্রকাশ করে। মনে কর উহা V_0 ;

এখন সরল রেখার উপর যে-কোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা-অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN এই তাপমাত্রায় পূর্ণোক্ত বায়ুর আয়তন প্রকাশ করে। 4-এ নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে

$$OC = V_0 = 30 \text{ c.c.}$$

$$ON = t = 60^\circ\text{C}$$

$$\text{এবং } PN = V_t = 36.6 \text{ c.c.}$$

সামান্য 4-21 অঙ্কে দেখিয়াছি,

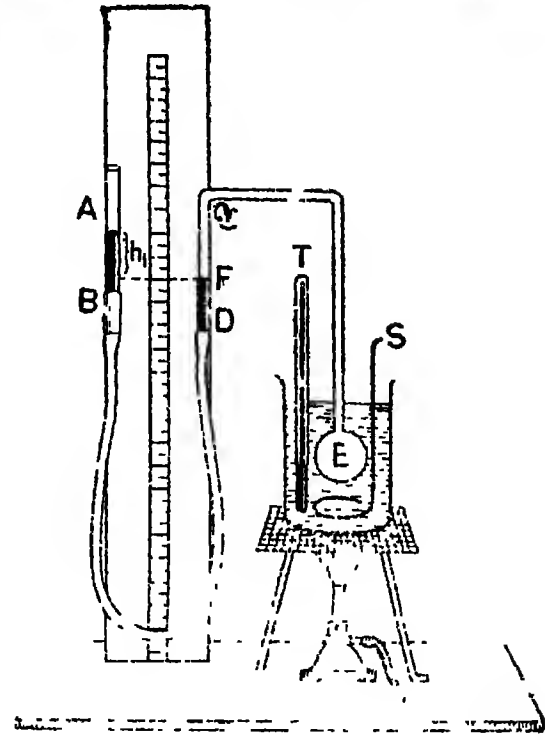
$$\therefore \alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{36.6 - 30}{60 \times 30} = \frac{6.6}{1800} = \frac{1}{273}$$

[জঃ ইহাকে চার্লস স্কেলের পর্বীক্ষামূলক প্রমাণ হিসাবে ধরা যায়]

(খ) জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার ও চাপ গুণক নির্ণয় (Jolly's constant volume thermometer and determination of pressure coefficient):

যন্ত্রের বিবরণঃ 4-ট নং চিত্রে স্থির-আয়তন থার্মোমিটারের নকসা দেখানো হইল। ইহাকে জলির যন্ত্র (Jolly's apparatus)-ও বলা হয়। এই যন্ত্রে AB এবং CD দুইটি সরু কাচনল একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়াভাবে আটকানো। একটি বরাবর নল উভ্যদের পরস্পরকে সংযুক্ত করিয়াছে। AB নলের উপরের মুখ খোলা এবং এই নলের কিছু অংশে, সমস্ত বরাবর নলে এবং CD নলের কিছু অংশে পারদ রাখা

আছে। CD নলের সহিত একটি কাচের কুণ্ড E যুক্ত। এই কুণ্ডটি বায়ুপূর্ণ। CD নলে একটি দাগ দেওয়া থাকে। F হইল এই দাগ। AB নল উঁচু-নীচু করিয়া CD নলের পারদশীর্ষ সর্বদা F দাগ পর্যন্ত রাখিতে হইবে। ইহাতে E কুণ্ডস্থিত বায়ুর আয়তন সর্বদা স্থির থাকিবে। কুণ্ডটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখিয়া গানাবেব সাহায্যে চলকে উত্তপ্ত করা হয়। জল নাড়িবার জন্য পাত্রেব মধ্যে থার্মোডক S এবং জলের তাপমাত্রা কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য একটি থার্মোমিটার T দেওয়া থাকে। AB দাগ CD নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতাব পাঠ্যক্য নির্ণয় করিবার জন্য উক্তদের মাধ্যমে পারদস্তম্ভের একটি স্কেল আঁটানো থাকে।



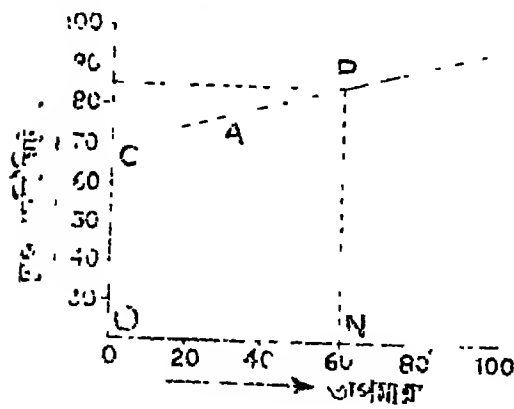
চিত্র ১০

চাপ ও গ্যাস নির্ণয় :

জলগাছী (water bath) জলকে উত্তপ্ত করিবার পূর্বে AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগ পর্যন্ত আন। এখন এই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতাব প্রভেদ স্কেল হইতে নির্ণয় কর। মনে কর, উচ্চতা h_1 (চিত্র দেখ)। এই অবস্থায় E কুণ্ডস্থিত বায়ুর চাপ $(P_1) =$ বায়ু-মণ্ডলের চাপ $+ h_1$ পারদস্তম্ভের চাপ। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ H পারদস্তম্ভের সমান ধরা হয় তবে এই চাপ $(P_1) = H + h_1$; থার্মোমিটার হইতে জলের অর্থাৎ কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা পাঠ কর। এখন বার্নারের সাহায্যে জল উত্তপ্ত কর এবং থার্মোডক S দ্বারা জল নাড়িতে থাক। জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে এই তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ রাখিতে হইবে। E কুণ্ডের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হইবে এবং CD নলের পারদস্তম্ভকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে AB

নলের পারদস্তম্ভ উর্ধ্বে উঠিবে। পুনরায় AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগে আনিতে হইবে। এই ব্যবস্থার ফলে E কুণ্ডের বায়ুর আয়তন স্থির থাকিবে। এই অবস্থায় দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে পাঠ করিতে হইবে। যদি ইহা h_2 হয় তবে এই বর্ধিত তাপমাত্রায় E কুণ্ডের বায়ুচাপ $(P_2) = H + h_2$; এইকপে তাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা ধাপে ধাপে 5°C কিংবা 10°C করিয়া বাড়াইয়া যাইতে হইবে এবং প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন স্থির রাখিয়া চাপ নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর চাপ-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে 'অনুভূমিক অক্ষ' বলাবব এবং চাপ-কে উল্লম্ব অক্ষ বলাবব আঁকিলে লেখচিত্রটি



চিত্র 4x

অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN ঐ তাপমাত্রার পূর্বোক্ত বায়ুর চাপ প্রকাশ করবে। 4x নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে $OC = P = 70 \text{ cm}$, $ON = t = 60^\circ\text{C}$ এবং $PN = P_2 = 85.4 \text{ cm}$.

আমরা 4-21 অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি

$$\gamma_1 = \frac{P - P_0}{P_0 t} = \frac{85.4 - 70}{70 \times 60} = \frac{15.4}{4200} = \frac{1}{273}$$

এসময় উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে এই দুই থার্মোমিটারেই যে-কোনটির সাহায্যে অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

সারাংশ

তরলের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তরলের দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। তরলের শুধু আয়তন প্রসারণ হয়।

তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ - পাত্রের প্রসারণ।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণক :

0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির অঙ্ক ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত-প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত-প্রসারণ গুণক বলে।

$$\gamma' = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক :

0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির অঙ্ক ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক বলে।

$$\gamma = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক - তরলের আপাত প্রসারণ গুণক - তাপমাত্রার আয়তন প্রসারণ গুণক।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণক নির্ণয় হয় (১) ডিল্যাটোমিটার বা (২) প্যারামোমিটার ব্যবহার করে।

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক Dulong এবং Petit-এর পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি হইলে বাতাসের সর্বত্র জলের আয়তনের প্রসারণ হইবে। তাই জল তরল হইতে ভিন্ন। দেখা গিয়াছে যে তাপমাত্রা নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সবচেয়ে কম এবং সবচেয়ে বেশী। তাই জলের পর্বতের উপর জলের এই বস্তু হইবে দেখানো যাইতে পারে। জলের মধ্যে দ্রব হইলে জল তরল হইবে। জল তরল হইলে জল তরল হইবে। জল তরল হইলে জল তরল হইবে।

তাপ প্রযোগে কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন প্রসারণ হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। চাপের সহিত আয়তনের পরিবর্তন বয়েলের সূত্র দ্বারা এবং তাপমাত্রার সহিত আয়তনের পরিবর্তন চার্লস-এবং গেল-এর সূত্র দ্বারা নিরূপিত হয়।

বয়েলের সূত্র : $PV = \text{ধ্রুবক}$ ।

$$\text{চার্লসের সূত্র : } V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

চার্লস ও বয়েলের সূত্রের সমন্বয় : $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$

গ্যাসের দুইটি প্রসারণ গুণক :—(১) আয়তন গুণক ও (২) চাপ গুণক। যে কোন গ্যাসের বেলাতে ইহাদের মান সমান।

প্রশ্নাবলী

১. তবলেব আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ বলিতে কি বুঝায় ? ইহাদের গুণাঙ্কেব সংজ্ঞা কি ? এই গুণাঙ্কদ্বয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক কি ?

[What do you understand by real and apparent expansion of a liquid ? What are the definitions of their co-efficients ? What is the relation between them ?] [cf. H. S. (comp) 1960, 1962]

২. ভার থার্মোমিটারেব সাতায়া তবলেব কোন গুণাঙ্ক নির্ণীত হয় ? এই পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কব।

[Which co-efficient of expansion of a liquid is determined by a weight thermometer ? Describe the method in detail.]

৩. একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 24 gms পারদ আছে। উহাকে 100°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করিলে উহাতে 28.622 gms পারদ থাকে। পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ? পারদের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক 6.68×10^{-6} হইলে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[A weight thermometer contains 24 gms of mercury at 0°C . When heated to 100°C it contains 28.622 gms. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ? If the co-efficient of linear expansion of the container be 6.68×10^{-6} , find the co-efficient of absolute expansion of mercury.] [Ans. 16×10^{-6} , 17.9×10^{-6}]

৪. একটি ভার থার্মোমিটারে 15°C তাপমাত্রায় অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ করিতে 45 gms অ্যালকোহল দরকার হয়। যদি থার্মোমিটারে 88°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়, তবে কতখানি অ্যালকোহল বাহির হইয়া যাইবে অ্যালকোহলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক = 00121.

[A weight thermometer requires when filled completely at 15°C , 45 gms of alcohol. How much alcohol will be expelled when it is heated to 88°C ? Co-efficient of apparent expansion of alcohol = 00121.] [Ans. 0.96 gms (approx)]

৫. লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমদৈর্ঘ্যবৃত্ত বক্রের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদ-শূন্য আছে। তাপমাত্রা 100°C -এ বৃদ্ধি করিলে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য 16.6 mm, বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 0.000182 হলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে ?

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C . When the temperature is raised to 100°C , the thread of mercury is found to be 16.6 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass.] [H. S. (comp) 1960] [Ans. 5.6×10^{-6}]

৬. একটি কাচনলের অভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদ 0.005 sq. cm এবং উহা এক প্রান্তে 12 c.c. অমৃতনের একটি গুপ্ত যুগ্ম আছে। 15°C তাপমাত্রায় ঐ বস্তুটি একটি তরল দ্বারা পূর্ণ আছে। তবলেব আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক 0.62×10^{-6} হইলে এবং কুণ্ডটিকে 45°C উত্তপ্ত করিলে ঐ তরল নলের কত দূরত্ব পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে ?

[A piece of glass tubing, internal area of cross-section 0.005 sq. cm. has a bulb of 12 c.c. capacity on the end. The bulb is completely filled at 15°C with a liquid, whose co-efficient of apparent expansion in glass is 0.52×10^{-5} per degree centigrado. How far will the liquid rise in the tube when the temperature of bulb is raised to 45°C ?] [Ans. 87.44 cm.]

১৭. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণক কাকে বলে? উহা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[What is the co-efficient of real expansion of a liquid? How would you determine it?]

৪. একটি থার্মোমিটার বৃত্তাকার আয়তন 1 c.c. ; এই থার্মোমিটারের স্কেলের প্রত্যেক ডিগ্রী বরাবর 5 mm. লম্বা করিতে হইবে। থার্মোমিটার নলের বক্রের প্রস্থচ্ছেদ কত হইবে? কাচ সাপেক্ষ পাবদেয় আপাত প্রসারণ গুণক $= 1.6 \times 10^{-4} \text{ per } ^\circ\text{C.}$

[The capacity of a thermometer bulb is 1 c.c. It is desired to make the degree graduations on the scale 5 mm. apart. What must be the cross-section of the bore of the thermometer tube? The co-efficient of apparent expansion of mercury in glass is $1.6 \times 10^{-4} \text{ per } ^\circ\text{C.}$] [Ans. 0.08 sq. mm.]

১৮. একটি কাচের ফ্লাস্কের অভ্যন্তরীণ আয়তন 680 c.c. ; উহা বর্ণনায় কতখানি পাবদেয় ভর্তি করিল ফ্লাস্কের বাকী অংশের আয়তন তাৎক্ষণিক পদার্থের অসংদ্রবিত গাঢ়ত্বের পাবদেয় প্রকৃত প্রসারণ গুণক $= 1.8 \times 10^{-4} \text{ per } ^\circ\text{C.}$ এবং কাচের আয়তন প্রসারণ গুণক $= 2.5 \times 10^{-5} \text{ per } ^\circ\text{C.}$

[The capacity of a glass flask is 680 c.c. What should be the volume of mercury to be put in the flask so that the volume of the remaining portion of the flask remains the same at all temperatures. The co-efficient of real expansion of mercury $= 1.8 \times 10^{-4} \text{ per } ^\circ\text{C.}$ and the co-efficient of cubical expansion of glass $= 2.5 \times 10^{-5} \text{ per } ^\circ\text{C.}$] [Ans. 57.5 c.c.]

১০. 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ। ইহা বর্ণনায় পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও। পান ও জলকে 0°C হইতে উত্তম করিলে দুইয়ের ব্যবহারের তফাৎ কোথায়?

[Water has maximum density at 4°C. Explain this statement fully. If mercury and water are gradually heated from 0°C. , what would be the difference observed in their behaviour?]

১১. হোপের পরীক্ষার দ্বারা কি প্রমাণিত হয়? পরীক্ষার বিশদ বিবরণ দিয়া তোমার উত্তর বুঝাইয়া দাও।

[What does Hope's experiment prove? Explain your answer giving a detailed account of the experiment.]

১২. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ কাকে বলে? 2°C হইতে 20°C পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিমাপের উপযোগী থার্মোমিটার নির্মাণে পাবদেয় পরিবর্তে জল ব্যবহার করিলে কি ফল হইবে?

[What is anomalous expansion of water? What would have been the consequence if water is used as the thermometric substance in a thermometer designed to read temperatures between 2°C and 20°C ?]

জলের ব্যতিক্রম প্রসারণ বলিতে কি বোঝ ? 0°C হইতে 20°C পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের জলের আয়তন কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা একটি চিত্র আঁকিয়া বুঝাও। জলের ঘনত্ব 4°C তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ হয় তাহা কি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিতে পার ?

[What do you understand by 'anomalous expansion of water' ? Draw a diagram showing the change in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C . By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C ?] [H. S. (Comp) 1962]

14. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব দাও :—

- (ক) জলের উপর বরফ জামলেও তলায় জল তরল অবস্থায় থাকে কেন ?
(খ) জমিয়া যাওয়া নদীতে মাছ বাঁচে কি দ্বিধা ?

[Answer the following questions :—

- (a) How does water remain in the liquid condition at the bottom while that on the surface has frozen ?
(b) How can fish live in a frozen river ?]

15. একটি বাকাবে একষণ্ড বরফ লইয়া বাকাবে জল ঢালা হইল যতক্ষণ না বাকাবেটি কানায় কানায় জলে ভর্তি হইল। বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলে বাকাবেব জলের তলেব কি পরিবর্তন হইবে যদি (i) 0°C এ জল লওয়া হয়, (ii) 4°C এ জল লওয়া হয়, (iii) উত্তপ্ত জল লওয়া হয়।

[A piece of ice is taken in a beaker and water is poured in the beaker till it is at the point of overflowing. When the whole of ice melts, what will be the change in the water-level of the beaker when the water taken is (i) at 0°C (ii) at 4°C and (iii) hot]

16. তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ হইবার পীকা বর্ণনা কর। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ধারণে তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ করিতে হয় কেন ?

[Describe experiments to illustrate that gases expand on heating. Why is it necessary to mention temperature and pressure in considering volume expansion of a gas ?]

17. গ্যাসের সূত্র কি ? উহাদের ব্যাখ্যা কর। চার্লসের সূত্রের পৰ্য্যক্ষ-মূলক প্রমাণ কি ?

[What are gas laws ? Explain them. What is the experimental verification of Charles' law ?]

18. তাপমাত্রার সর্বম স্কেল কাকে বলে ? চার্লস সূত্র হইতে ঐ স্কেল কিরূপে পাওয়া যায় ? এই স্কেলকে “সর্বম স্কেল” বলিবার তাৎপর্য কি ?

[What is absolute scale of temperature ? Explain how Charles' law leads to the realisation of the scale. What is the significance of calling it “absolute scale” ?]

19. নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার ভিতর যে সম্পর্ক আছে উহা নির্ণয় কর।

[Establish the relation between the volume, temperature and pressure of a certain quantity of gas.]

20. 15°C তাপমাত্রায় ও একটি নির্দিষ্ট চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করিয়া উহার আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। উহার বর্ধিত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[A certain quantity of gas at 15°C and at a particular pressure is heated to double its volume, pressure remaining same. What is the final temperature ?] [Ans. 808°C]

21. 0°C তাপমাত্রায় ও 740 mm. পারদের চাপে একটি পাত্রে 1000 litres গ্যাস আছে। যদি তাপমাত্রা 27°C -এ বর্ধিত করা হয় তবে উক্ত আগন্তব্য গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

[A vessel contains 1000 litres of gas at 0°C and 740 mm. of mercury pressure. If the temperature be increased to 27°C , what would be the pressure of the gas, volume supposed to be constant ?] [Ans. 818.1 mm.]

22. 27°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 400 c.c. ; যদি তাপমাত্রা 0°C ও চাপ 760 mm. হয় তবে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

[The volume occupied by a certain mass of gas at 27°C and 740 mm. of mercury pressure is 400 c.c. If the temperature be changed to 0°C and pressure to 760 mm. of mercury, what would be the volume of the gas ?] [Ans. 304.4 c.c.]

23. 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. চাপে 100 c.c. গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। গ্যাস অধিকৃত স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত ছিল। অভ্যন্তরীণ চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ = 17.4 mm

[100 c.c. of a gas are collected over water at 20°C and 760 mm. pressure, the space being saturated with aqueous vapour. Find the volume of dry gas at N. T. P. The maximum aqueous vapour pressure at 20°C = 17.4 mm.] [Ans. 91.01 c.c.]

24. একটি পাতলা কাঁচের বৃত্ত 27°C তাপমাত্রায় সীলন করিয়া রাখা হইল। উহার অভ্যন্তরীণ চাপ এক atmosphere ; কণ্ঠটি সর্বাধিক যে অভ্যন্তরীণ চাপ সহ্য করিতে পারে তাহা হইল 95 cm. পারদের চাপ। কত তাপমাত্রায় এটি ফাটিয়া যাইবে ?

[A thin glass bulb is sealed at 27°C , the internal pressure being 1 atmosphere. The maximum internal pressure the bulb can withstand is 95 cm. of mercury. At what temperature will the bulb burst ?] [Ans. 102°C]

25. একটি ঘরের সাইজ 50 ft \times 80 ft \times 25 ft ; ঐ ঘরের তাপমাত্রা 20°C হইতে 25°C বৃদ্ধি করিলে ঘরের বায়ু শতকরা কত ভাগ নিক্রান্ত হইবে ? ঘরে বায়ুর চাপ অপরিবর্তিত মনে করিতে পার।

[The measurement of a room is 50 ft \times 80 ft \times 25 ft. If the temperature of the room is increased from 20°C to 25°C calculate what percentage of the air will be expelled from the room, the pressure remaining constant.] [Ans. 17.1%]

26. গ্যাসের প্রসারণ গুণক কয় প্রকার? উহাদের সংজ্ঞা কি? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক কি?

[What are the co-efficients of expansion of a gas? What are their definitions? What is the relation between them?]

27. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে? ইহা কি সকল গ্যাসের বেলায় সমান? ইহাৰ মান নির্ণয় কর।

[What is universal gas constant? Is it same for all gases? Determine its value.]

28. রেনোয়ার স্থির চাপ থার্মোমিটার বর্ণনা কর। ইহাৰ সাহায্যে কিরূপে আয়তন গুণক নির্ণয় করা যায়?

[Describe Regnault's constant pressure thermometer. How can you find the value of volume co-efficient with its help?]

29. স্থির চাপে 0°C হইতে 35°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোন গ্যাসের আয়তন 1 litre হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1.128 litre হইল। ইহা হইতে চাপ শূন্যের মান নির্ণয় কর।

[A gas expands in volume from 1 litre to 1.128 litre due to a change of temperature from 0°C to 35°C , pressure remaining constant. Calculate from these data. the value of the absolute zero.] [Ans - -273°C]

[Objective Type Questions]

30. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

- গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে—এবং—উৎপন্ন বিশেষ প্রয়োজন।
- স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও চাপ সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।
- তবলেব নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তলেব—বা—প্রসারণ সম্ভব নয়।
- 4°C তাপমাত্রায় তলেব ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা—।
- তাপমাত্রা চব্ব ম স্কেলেব শূন্য দাগ সেণ্টিগ্রেড স্কেলেব—দাগেব সমান।
- তাপমাত্রা ঠিক বাধিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর—বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসেব—চাপেব সহিত—পরিণতি হইবে।
- সমান তাপ পাইলে সকল গ্যাসে—প্রসারণ—হয়।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

অবস্থা পরিবর্তন (Change of State)

কঠিন হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তর

5-1. সূচনা :

আমরা জানি পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে, যথা :—কঠিন, তরল ও বায়বীয়। যখন কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরলে বা তরল হইতে বায়বীয় অবস্থাতে অথবা বায়বীয় হইতে তরল ইত্যাদি এক অবস্থা হইতে অন্য কোন অবস্থাতে পরিবর্তিত হয় তখন তাহাকে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন বলা হয়।

5-2. গলন ও কঠিনীভবন (Melting and Solidification) :

পর, একটুকরা বরফকে -10°C তাপমাত্রায় রাখা আছে। ঐ বরফ টুকরাতে যদি তাপ প্রয়োগ করা হয় তবে দেখা যাইবে যে উহার তাপমাত্রা বাড়িতেছে। (যখন তাপমাত্রা 0°C হইল তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু বরফ গলিয়া জল হইতে শুরু করিবে।) যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রা 0°C থাকিবে। পরে বরফ-গলাই চলব তাপমাত্রা আস্তে আস্তে বৃদ্ধি পাইবে।

তেমনি যদি থার্মিস্টার বিস্তৃত জল লইয়া ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা যায় তবে জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে। কিন্তু যখন তাপমাত্রা 0°C -এ পৌঁছাবে তখন ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও জলের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত জল জমিয়া বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা 0°C থাকিবে। পরে বরফের তাপমাত্রা আস্তে আস্তে হ্রাস পাইবে।

উপরের ঘটনা হইতে বলা যায়, যে-কোন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে

কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। এই ব্যাপারকে পদার্থের গলন বলা হয়।

তেমনি, কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রা আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন হয়। এই ব্যাপারকে পদার্থের কঠিনীভবন বলা হয়।

5-3. পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক (Melting point and freezing point of a substance) :

কোন নির্দিষ্ট চাপে পদার্থ যে-তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

কোন নির্দিষ্ট চাপে তরল যে-তাপমাত্রায় জমিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত তরলের হিমাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমা য় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

প্রায় সকল পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান। যেমন, সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে বরফ 0°C -এ গলিয়া তল হয়। আবার তল ঐ তাপমাত্রাতেই জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু কয়লা ও লি অক্সালন (Carbon-dicallium) পদার্থ-ভুক্ত পদার্থ আছে—যেমন, চবি, মোম, কাচ ইত্যাদি—যেগুলি গলিবাব পূর্বে একপ্রকার থকথকে (viscous) অবস্থায় উপনীত হয়। এই পদার্থগুলির কোন বিশেষ নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাও বা উহাদের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান নয়। যেমন, কাগন 28°C এবং 33°C তাপমাত্রার মধ্যে গলে এবং 23°C ও 20°C -এর মধ্যে জমিয়া যায়। কিন্তু এতদূর মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক ধ্রুৱক নয়। চাপের উপর উহা নির্ভর করে।

0°C তাপমাত্রার জলের সহিত 0°C তাপমাত্রার বরফের অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। কারণ 0°C তাপমাত্রার প্রতি

গ্রাম জল হইতে 80 calorie তাপ নিকাশন করিলে 0°C তাপমাত্রার বরফ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, উপরোক্ত জল হইতে বরফে তাপ অনেক কম। এই কারণে বস্তু শীতলীকরণে 0°C তাপমাত্রার জল অপেক্ষা 0°C তাপমাত্রার বরফ অনেক বেশী কাষকর।

5.4. গলনে বা কঠিনীভবনে আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume during melting or solidification) :

কঠিন পদার্থ তবলে পবিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পবিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা (cast iron), পিতল, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি পদার্থ এই নিয়মের ব্যতিক্রম। ইহাবা তবলে পবিণত হইলে আয়তনে সংকুচিত হয় এবং তবল অবস্থা হইতে কঠিনে পবিণত হইলে আয়তনে প্রসারিত হয়। যথা, 11°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া বরফে পবিণত হইলে 12 c.c. হয় অর্থাৎ শতকরা 9 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়। ৩৩মনি ঢালাই লোহা প্রায় শতকরা 7 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

শীতের দেশে যখন জল জমিয়া বরফে পবিণত হয় তখন আয়তন বৃদ্ধি। কাল নানাবকম অস্থিবিদ্য হয়। অনেক সময় দেখা গিয়াছে যে জলের পাইপে জল জমিয়া বরফে পরিণত হইয়াছে এবং তাহার ফলে আয়তন বৃদ্ধির জন্য যে প্রচণ্ড জলের উদ্ভব হইয়াছে তাহাতে জলের পাইপ ফাটিয়া গিয়াছে। প্রচণ্ড শীতে পাথারের পাথরে এই কারণে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

জমিবার সময় জলের আয়তন বৃদ্ধির ফলে যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পর্বাক্ষাব দ্বারা দেখানো যাইতে পারে।

মুখ আটবাইবার জু-ছিপিসহ একটি লোহার ফ্লাস্ক সংগ্রহ কর। খানিকটা জল ফুটাইয়া উঠাব ভিতর হইতে দ্রবীভূত বায়ু অপসারণ করিয়া ফ্লাস্কটি এই জল দ্বারা পূর্ণ কর এবং মুখ জু-ছিপি দ্বারা শক্তভাবে বন্ধ কর। এখন, এই ফ্লাস্কে হিমনিষ্কাশের মধ্যে রাখিয়া দাও। দেখিবে কিছুক্ষণ পরে লোহার ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে। ইহাব কারণ এই যে ফ্লাস্কের ভিতরের জল জমিয়া গিয়া আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় এবং ফ্লাস্কের গায়ে প্রচণ্ড বল প্রয়োগ করে। ইহাতে ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যায়।

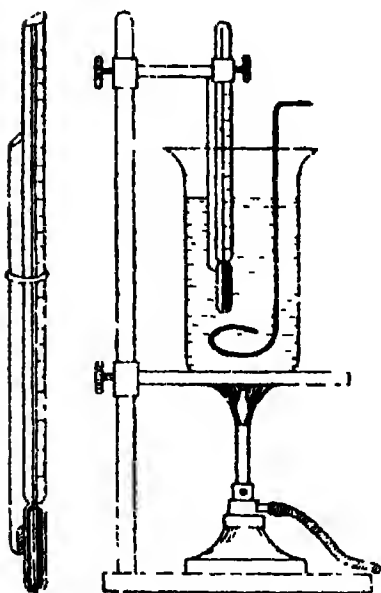
জলের ভিতর কিছু দ্রবীভূত বায়ু থাকিলে ক্রাস্টি নাও কাটিতে পারে। কারণ জলের আয়তন বৃদ্ধির ফলে যে অতিরিক্ত চাপের সৃষ্টি হয় তা বায়ুকে সংকুচিত করে এবং ঐ স্থান জল অধিকার করে। ঐ অবস্থায় ক্রাস্কেব দেওয়ালে খুব বেশী বল প্রযুক্ত নাও হইতে পারে।

কিন্তু লোহা বা পিতল যখন তবল হইতে কঠিনে পরিণত হয় তখন উহাদের আয়তন বৃদ্ধি অনেক বাড়িয়া যায়। ঢালাই করিবার সময় ছাঁচকে পুরাপুরি ভর্তি করিয়া ছাঁচের ভিতর গলিত ধাতু ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং উহা যখন জমিয়া শক্ত হয় তখন আয়তনে বাড়িয়া ছাঁচকে পরিপূর্ণভাবে আঁটিয়া ধরে। ফলে ঢালাইয়ের ধাবগুলি খুব সূক্ষ্ম হয় এবং অদিকল ছাঁচের আকার পায়। টাইপ করিবার হরফগুলি একই পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়।

5-5. পদার্থের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of melting point of a substance) :

(ক) কৈশিক নল পদ্ধতি (Capillary tube method) :

একটি সূক্ষ্মরক্তবিশিষ্ট 4 ইঞ্চি লম্বা কৈশিক নল লও। যে পদার্থের (তাপ-



কৈশিক নল দ্বারা গলনাঙ্ক নির্ণয়

চিত্র 5ক

মুহূর্তে গলন শুরু হইবে তখনকার তাপমাত্রা থার্মোমিটার হইতে পড়। সমস্ত পদার্থ গলিয়া যাওয়ার পর বানার সবাইয়া জল ঠাণ্ডা হইতে দাও। আন্তে আন্তে পদার্থটি জমিতে শুরু করিবে। সেই মুহূর্তে আবার থার্মোমিটারের তাপমাত্রা দেখ। এই দুই তাপমাত্রার গড় হইল পদার্থটির গলনাঙ্ক।

খেলোন, মোম ইত্যাদি) গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তখন পানিকটা শুদ্ধ করিয়া নলের ভিতর ঢকাইয়া নলের একমুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ কর। নলটি একটি থার্মোমিটারের সঙ্গে দাঁত (5ক নং চিত্র)। পবে উহাকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে এমনভাবে ডুবান যে কৈশিক নলের গোলামুখ স্তরে বাহিরে থাকে (চিত্র দেখ)। একটি বানাবেদ সাহায্যে এইবার বায়ু আন্তে আন্তে গবম কর ও আলোড়ক দারা জল নাড়। উক্ত মুহূর্তে কৈশিক নলের পদার্থ গলিতে শুরু করিবে। 'যে-

পরীক্ষাধীন পদার্থের গলনাক জলের ফুটনাক (boiling point) অর্থাৎ 100°C হইতে বেশী হইলে জল ব্যবহার করা চলিবে না। তখন এমন তরল ব্যবহার করিতে হইবে যাহার ফুটনাক উক্ত পদার্থের গলনাক হইতে বেশী। যেমন, মোম, আপখেলান প্রভৃতির বেলাতেঃ জল ব্যবহার করা যাইবে কিন্তু গন্ধকের বেলায় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হইবে।

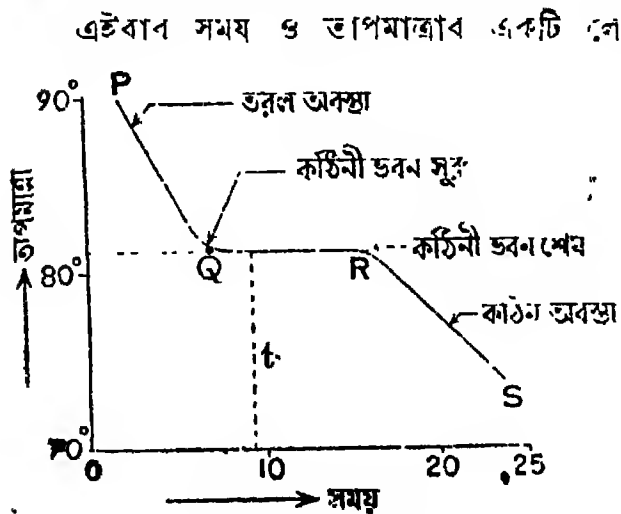
(খ) শীতলতার লেখচিত্র দ্বারা (By cooling curve):

একটি টেস্ট টিউবে পরীক্ষাধীন পদার্থের (মোম ইত্যাদি) খানিকটা লইয়া কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকান। এখন টেস্ট টিউবটি উত্তপ্ত করিয়া বস্তুটি গলাইয়া ফেল এবং গলিত বস্তুর তাপমাত্রা আরো 10°C নং 15°C বেশী কর। এইবার টেস্ট টিউবটি ঠাণ্ডা হইতে দাও এবং প্রতি আশমিনিট অন্তর থার্মোমিটার হইতে তাপমাত্রা দেখ (5গ নং চিত্র)। তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং এক সময়ে চিত্র 5গ আপেক্ষিক প্রায়ঃ বস্তুটি জমিয়া কঠিনে পরিণত হইতে শুরু করিবে। সেই সময় থার্মোমিটার তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখাইবে না। সমস্ত বস্তু জমিয়া গেলে তখন আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে থাকিবে। সমস্ত বস্তুটি জমিবার পৰ্যন্ত কিছুক্ষণ তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।



গলনাক নির্ণয়
ব্যবস্থা

চিত্র 5গ



তাপমাত্রা-সময় লেখচিত্র

চিত্র 5গ

এইবার সময় এবং উল্লম্ব অক্ষ দ্বারা সময় এবং তাপমাত্রা নির্দেশ করিতে হইবে। 5গ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে লেখ-চিত্রটি ইরূপ হইবে। লেখ-চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে খানিকটা অংশ (Q হইতে R) সময়ের অক্ষের (time

axis) সহিত সমান্তরাল। ইহা হইতে বোঝা যায় যে ঐ সময় পৰ্যন্ত বস্তুটি

জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতেছিল। কারণ আমরা জানি যে কঠিন-ভবনের সময় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই ঐ অংশের আত্মবঙ্গিক তাপমাত্রা পদার্থটির হিমাঙ্ক অথবা গলনাঙ্কের সমান।

লেখচিত্রের PQ অংশ বস্তু তরল অবস্থা নির্দেশ করে। Q বিন্দুতে কঠিনীভবন শুরু হয় এবং R বিন্দুতে সমস্ত পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়। অতঃপর RS অংশ পদার্থের কঠিন অবস্থা নির্দেশ করে।

কয়েকটি পদার্থের গলনাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	গলনাঙ্ক	পদার্থ	গলনাঙ্ক
হিমা	1083°C	ঢালাইলোহা	1200°C
পিঁহল	1000°C	টিন	232°C
সোনা	1063°C	গ্রাপথেলীন	80°C
কপা	960°C	মোম	52-58°C
সীসা	327°C	বরফ	0°C
টাংস্টেন	3000°C	সালফিউরিক অ্যাসিড	10.5°C

6. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effect of pressure on melting point) :

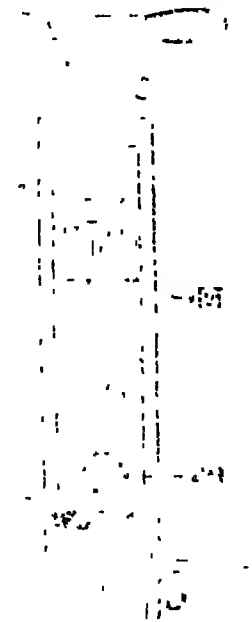
আগেই বলা হইয়াছে যে, পদার্থের গলনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ ও গলনাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্ক নিম্নরূপ :

(1) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাইলোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমে যায় অর্থাৎ উঠার কাম তাপমাত্রায় গলে। ইহার সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন সংকোচনের সুবিধা করিয়া দেয় এবং তাহান ফলে গলনাঙ্ক কমে যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, যেমন—মোম ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় অর্থাৎ উঠার।

.বেশী তাপমাত্রায় গলে। ইহারও সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন বৃদ্ধির অস্ববিধা করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাক্ষ বৃদ্ধি পায়।

পরীক্ষা : AB একটি শক্ত লোহার চোঙ। এই চোঙের তলা একটি স্ক্রু-প্লগ (screw-plug) D দ্বারা আটকানো বা খোলা যাউতে পারে। C একটি হাতলসহ পিস্টন। চোঙটিকে অর্ধেক ভরপূর্ণ কর এবং হিমমিশ্রণের সাহায্যে জলকে জমাট করা বরফে পরিণত কর। এই বরফের উপর একটি খাতব বল রাখ। এভাবে চোঙটিকে বরফে বেষ্টিত করিয়া হাতল দ্বারা পিস্টন দ্বারা বরফের উপর চাপ প্রয়োগ কর। এখন D-স্ক্রু মুদ্রিয়া ফেলিলে দেখা যাইবে যে খাতব বলটি তলার তলিয়া আনিয়াছে কিম্বা ভিতরের বরফ তেমনি ঘনত 'অবস্থা পরিবর্তন' (উৎপন্ন)। ইত্যাক করিয়া হয়?



পিস্টন দ্বারা বরফের উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া ফলে বরফের গলনাক্ষ কমিয়া যায়। অর্থাৎ, তাপ 0°C -এর কম তাপমাত্রায় গলিত হইবে। চতুর্দশত তাপমাত্রা 0°C থাকিলে ফলে চাপ-প্রয়োগস্থলের বরফ গলিয়া গেল এবং খাতব বল নীচে নামে। কিন্তু যেরূপ চাপ কমিয়া যাই তাপন বরফ গলাই এর আধাও কম। তাই পিস্টন বরফে আটকাইয়া। এভাবে ক্রমশ খাতব বল নীচে নামিবে এবং তাপমাত্রা বরফে গলিত হইবে। এই পরীক্ষা দাবছটি মৌসন (Mousson) উদ্ভাবন করেন।

5-7. পুনঃশীতায়ন (Regelation) :

ভুই টুকরা বরফ প্রভৃতি করিয়া চাপ দিয়া উঠা বা জোড় লাগিয়া দিলে, উহা ভোমরা আন। শীতাপষ্টি সময় কতকগুলি শীত এবং করিয়া চাপ দিয়া বড় গোল। তৈয়ারী ভোমরা অনেকের করিয়া। কেন এতকপ হয়?

যখন বরফ টুকরা দুটির উপর চাপ দেওয়া হয় তখন উহাদের সংযোগস্থলের গলনাক্ষ 0°C অপেক্ষা কমিয়া যায়। কিন্তু বরফের তাপমাত্রা 0°C , কাজেই সংযোগস্থলের তাপমাত্রা গলনাক্ষের বেশী হওয়ায় এই স্থানের বরফ

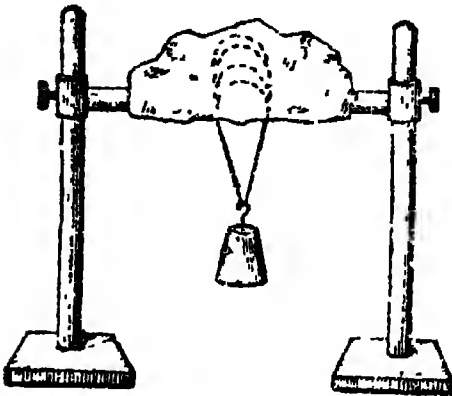
কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে না; গলিয়া জল হয়। যেই চাপ ছাড়িয়া দেওয়া হয় তখন সংযোগস্থলের গলনাক আবার বাড়িয়া যায়। স্ততরাং সংযোগস্থলের বরফ গলা জল জমাট বাঁধিয়া দুই টুকরাকে জোড়া লাগাইয়া দেয়।

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন (Regelation) বলা হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন খুব স্পষ্টভাবে দেখানো যাইতে পারে।

Bottomley-র পরীক্ষা :

বরফের একটি বড় টুকরা দুইটি অবলম্বনের (support) উপর রাখা আছে। একটি সরু তার তার বরফের উপর ঝুলাইয়া উহার দুই প্রান্ত



Bottomley-র পরীক্ষা

চিত্র 5৬

জোড়া লাগাও এবং ঐখান হইতে একটি বয়েক গ্রামের বাঁধারা ঝুলাইয়া দাও (5৬ নং চিত্র)। দেখা যাইবে যে কিছু সময় পর তাহা বাঁধারামত বরফ কাটিয়া বাহির হইয়া আসিল কিন্তু বরফ টুকরাটি যেমন অবিভক্ত ছিল তেমনই বহিল।

ইহাব কারণ এই যে তাহাটি সরু হওয়ায় এবং ওজন ঝুলাইয়া দেওয়ায়

তাহার নীচে বরফের উপর বেশ চাপ পড়ে। ফলে সেই স্থানের বরফের গলনাক কমিয়া যায় এবং বরফ গলিয়া জল হয়। ইহাব জন্য যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহা তার ও বায়ু সরবরাহ করে। এইজন্য চতুর্দিকস্থ বায়ুর তাপমাত্রা খুব কম থাকিলে এই ধবনের ব্যাপার ঘটিবে না। এখন তারটি ঐ জল ভেদ করিয়া খানিকটা নীচে নামে। সঙ্গে সঙ্গে জলের চাপ কমিয়া যায় এবং উহার গলনাক বৃদ্ধি পায়। স্ততরাং বরফ গলা জল আবার জমাট বাঁধিয়া যায়। এষ্ট ঘনীভবনের ফলে কিছু লীন-তাপ ঐ জল পরিত্যাগ করে এবং ঐ তাপ তাহার তার দ্বারা পরিবাহিত হইয়া নীচে চলিয়া যায় ও নীচের বরফকে গলিবার জন্য সাহায্য করে। এইভাবে আস্তে আস্তে তারটি বরফ কাটিয়া

বাহির হইবে কিন্তু বরফ টুকরাটি দুইটি ভাগে ভাগ হইবে না, কারণ তারটি নীচে নামিবার সঙ্গে সঙ্গে উপরের জল জমাট বাধিবে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে ইহা সহজে বোঝা যায় যে এই পরীক্ষা সাফল্য-মণ্ডিত করিতে হইলে তারটি তাপের গুপরিবাহী এবং সরু হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য সাধারণত সরু তারের তাপ লওয়া হয়। সূচী লইলে ইহা মাদৌ হইবে না কারণ সূচী মোটেই তাপ পরিবহণ করে না।

5-8. দ্রবণের হিমাঙ্ক (Freezing point of a solution) :

যখন কোন বস্তুকে কোন তরলে দ্রবীভূত করা যায় তখন দেখা যায় দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক উক্ত তরলের হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম। যেমন, লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে যে দ্রবণ-গোলা জল পাওয়া যায় তাহান হিমাঙ্ক জলের হিমাঙ্ক অর্থাৎ 0°C অপেক্ষা 2°C কম।

কিন্তু যখন কোন দ্রবণ জমিতে রক্ত করে তখন বিশুদ্ধ দ্রাবক (pure solvent) কেবলমাত্র দ্রাবক হইতে পদক হইয়া পড়ে এবং দ্রবণ ক্রমশঃ ঘন হইতে শুরু করে। এই ঘটনাকে প্রয়োগ করিয়া শীতলপান দেশে সমুদ্র-জল হইতে লবণ প্রস্তুত করা হয়। সমুদ্র-জল প্রায় -2°C তাপমাত্রায় জমিতে আবদ্ধ করে। যত সমুদ্র-জল জমে তত বিশুদ্ধ জল তাহা হইতে পদক হইয়া পড়ে এবং নির্দিষ্ট পরিমাণ সমুদ্র-জলে তত লবণের শতকরা পরিমাণ বাহিয়া যায়। তবে এই সমুদ্র-জলকে উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পীভূত করা হয় এবং লবণ পৃথক করিয়া লওয়া হয়।

শীতের দেশে মোটর বেড়িয়েটাবে জল জামিয়া বেড়িয়েটার নলকে ফাটাইয়া ফেলিতে পারে। ইহা নিবারণের জন্য জলের সহিত গ্লাইকল বা ত্রিনাট্রিন মিশানো হয়। ইহাতে মিশ্রিত জলের হিমাঙ্ক কমিয়া যায়।

হিমমিশ্রণ (Freezing mixtures) :

তিনভাগ শুঁড়া বরফ ও একভাগ লবণ মিশাইলে যে-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাব তাপমাত্রা -23°C । এই ধরনের মিশ্রণকে হিমমিশ্রণ বলে। সাধারণত কোন কঠিন পদার্থ কোন তরলে দ্রবীভূত হইলে সমগ্র মিশ্রণের তাপমাত্রা কমিয়া যায়। তাহাব কারণ নিম্নরূপ।

আমরা জানি যখন কোন কঠিন পদার্থ কঠিন অবস্থা হইতে তরলে রূপান্তরিত হয় তখন উক্ত পদার্থ কিছু পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে যাহা গলিত

পদার্থে লীন (latent) অবস্থায় থাকে। কঠিন পদার্থটিকে কোন দ্রাবকে (solvent) দ্রবীভূত হইতে দিলে পদার্থ উক্ত তাপ দ্রাবক হইতে সংগ্রহ করে। ফলে সমগ্র মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং তাপমাত্রা কমিয়া যায়। বরফ ও লবণ মিশাইলে, প্রতি গ্রাম বরফ দ্রবণ $\frac{1}{8}$ বরফের গায়ে লাগানো জল হইতে 80 ক্যালরি তাপ সংগ্রহ করিয়া জলে পরিণত হইবে। সুতরাং বরফ-লবণ মিশ্রণের তাপমাত্রা যথেষ্ট কমিয়া যাইবে।

এইরূপ সমপরিমাণ ঢল ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণের তাপমাত্রা -15°C হয়।

হিমমিশ্রণকে নানান্দপ কাজে লাগানো হয়। স.পাষণ্ড পচনশীল বস্তু হিম-মিশ্রণে আত্মত করিয়া রাখিলে কিছুদিন টাটকা থাকে। এইজন্য মাছ চালান দেশেবাৎ সমস্ত বরফ-লবণের হিমমিশ্রণে মাছ সংরক্ষণ করিয়া চালান দেশেবাৎ হয়। কুলদী-বরফ তৈরী করিতেও বরফ-লবণের হিমমিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

5-9. গলনের নিয়ম (Laws of fusion) :

গলন ও কঠিনীভবন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল তাহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে গলনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) কোন নির্দিষ্ট চাপে প্রত্যেক পদার্থ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে এবং যতক্ষণ তা সমস্ত পদার্থটি গলিয়া যায় ততক্ষণ পদার্থ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। এই তাপমাত্রাকে উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—চলিাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে এই সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

(3) দুই বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রণে কোন সংকর ধাতুর (alloy) গলনাঙ্ক উহাদের উপাদান ধাতুগুলির গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম হয়। যেমন, ক্যালাই কব্বার বাংঝা, সীসা ও টিনের সংমিশ্রণে তৈরী হয় এবং উহাদের গলনাঙ্ক 180°C ; কিন্তু সীসার গলনাঙ্ক 327°C এবং টিনের গলনাঙ্ক 232°C .

সংকর খাতুর গলনাঙ্ক কম হওয়ায় অনেক সময় ইহাকে অগ্নি নির্বাপক এবং সতর্কীকরণ ব্যবস্থায় কাজে লাগানো হয়।

(4) দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক দ্রাবকের (solvent) হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম।

(5) প্রত্যেক পদার্থের গলনের বা কঠিন অবস্থার লীন-তাপ ধ্রুবক (constant) কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের বেলাতে ইহা বিভিন্ন।

তরল হইতে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তর

5-10. বাষ্প এবং বাষ্পীভবন (Vapour and Vaporisation) :

কোন তরলের বায়বীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল বাষ্পে পরিণত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিতে বাহ্যিক বাষ্পে লীন অবস্থায় থাকে। এই তাপকে বাষ্পীভবনের লীন-তাপ বলে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করি যাইতে পারে যে গ্যাস ও বাষ্প এক জিনিস নহে। ইহাদের মধ্যে পার্থক্য বুঝিয়া রাখা উচিত। আমরা সাধারণভাবে এই দুইটি কথা ভিত্তিতে কোন পার্থক্য সৃষ্টি করি না; একই অর্থে দুইটি কথাকেই ব্যবহার করিয়া থাকি। কিন্তু তাহা ঠিক নহে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্পকে য-কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া চাপ প্রদান করিলে উহা পুনরায় তরলীভূত হয় না। তরলীভূত করিতে হইলে বাষ্পকে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অথবা উহা হইতে কম তাপমাত্রায় রাখিয়া চাপ প্রদান করিতে হইবে। ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় সংকট-তাপ-মাত্রা (critical temperature)। কোন বাষ্প সংকট-তাপমাত্রার নিম্নে থাকিলেই উহাকে বাষ্প বলা উচিত, আর সংকট-তাপমাত্রার উপরে থাকিলে উহাকে গ্যাস বলা উচিত।

5-11. বাষ্পীভবনের বিভিন্ন উপায় (Different ways of vaporisation) :

বাষ্পীভবন তিন রকম উপায়ে হইতে পারে। যেমন—(1) বাষ্পায়ন (evaporation), (2) ফুটন (boiling or ebullition), (3) উর্ধ্বপাতন (sublimation).

(1) বাষ্পায়ন :

ধীরে ধীরে তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয় এবং যে-কোন তাপমাত্রায় হইতে পারে। গরমকালে নদী, পুকুর শুকাইয়া যাওয়া, খোলা পাত্রে খানিকটা জল রাখিয়া দিলে কিছুদিন পরে তাহা উবিয়া যাওয়া, ভিজাকাপড রোড়ে দিলে শুকাইয়া যাওয়া প্রভৃতি বাষ্পায়নের দরুন হয়।

(2) ফুটন :

খুব দ্রুত তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে ফুটন বলা হয়। ফুটন জলের বা তরলের সমস্ত অংশ হইতে সংঘটিত হয় এবং পারিপাশ্বিক চাপের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

(3) উর্ধ্বপাতন :

কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি বাষ্পে পরিণত হওয়াকে বলা হয় উর্ধ্বপাতন। উর্ধ্বপাতনে বস্তু তরল অবস্থায় পরিণত হয় না। কপূর, গ্রাপথেলীন প্রভৃতি পদার্থ সোজাসুজি সাধারণ তাপমাত্রাতেই কঠিন হইতে বাষ্পে পরিণত হয়।

5-12. বাষ্পায়ন ও ফুটনের পার্থক্য (Difference between evaporation and boiling) :

বাষ্পায়ন ও ফুটন—এই দুই পদ্ধতির ভিত্তি নিম্নলিখিত প্রভেদ বর্তমান :

(1) ফুটন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু বাষ্পায়ন অতি ধীরে ধীরে হয়।

(2) ফুটন তরলের সমগ্র অংশ ব্যাপিয়া হয়, কিন্তু বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয়।

(3) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে ফুটন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয় কিন্তু বাষ্পায়ন সকল তাপমাত্রাতেই হইয়া থাকে।

5-13. বাষ্পায়নের হার পরিবর্তনের কারণ (Factors influencing: rate of evaporation) :

নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্ত বাষ্পায়নের হার পরিবর্তিত হয়।

(1) বায়ুর শুষ্কতা :

বায়ু যত শুষ্ক হইবে অর্থাৎ জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ কম থাকিবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে। এই কারণে বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকাইতে দেখা যায়।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ :

বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে সম্পূর্ণ বায়ু-শূণ্য স্থানে (যেখানে চাপ শূণ্য) বাষ্পায়ন অতি দ্রুত সংঘটিত হয়।

(3) তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা :

তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে বাষ্পায়নের হারও বৃদ্ধি পায়। তাই গ্রীষ্মকালে পুকুর, ডোবা প্রভৃতি জলাশয়ের জল দ্রুত শুকাইয়া যায়।

(4) তরলের উপরিভলের ক্ষেত্রফল :

তরলের উপরিভলের ক্ষেত্রফল যত বেশী বিস্তৃত হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হয়। এই কারণে কাপ হইতে চা ডিশে ঢালিলে চা দ্রুত ঠাণ্ডা হয়।

(5) তরলের প্রকৃতি :

তরল যত উদ্বায়ী (volatile) হইবে অর্থাৎ ফটনাক্ষ যত কম হইবে, উক্ত তরল তত দ্রুত বাষ্পায়নও তত দ্রুত হইবে। তাই স্পিরিট, ইথার, অ্যালকোহল, পেট্রোল প্রভৃতি দ্রুত বাষ্পীভূত হয়।

(6) বায়ু চলাচল :

তরলের উপর দিয়া বত বায়ু চলাচল হইবে তরল তত শীঘ্র বাষ্পীভূত হইবে। এইজন্য হাওয়া দিলে ভিজা কাপড় বা উষ্ণ তরল তাড়াতাড়ি শুকাই বা ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

5-14. বাষ্পায়নে শৈত্যের উৎপত্তি (Cold caused by evaporation) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরল বাষ্পে পরিণত হইতে গেলে কিছু লীন-তাপ গ্রহণ করে। বাহির হইতে এই তাপ প্রদান না করিলে, তরল নিজ দেহ

হইতে অথবা পরিপার্শ্ব হইতে তাপ সংগ্রহ করিয়া আস্তে আস্তে বাষ্পে পরিণত হইবে। সুতরাং তরল অথবা পরিপার্শ্ব ইহার ফলে শীতল হয়। নিম্নলিখিত কতকগুলি উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যাইবে।

(1) হাতে কয়েক ফোঁটা স্পিরিট ফেলিলে হাত খুব ঠাণ্ডা মনে হয়। ইহার কারণ স্পিরিট উদ্বায়ী বলিয়া খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ হাত হইতে সংগ্রহ করে। ফলে হাত খুব শীতল হয়। একই কারণে জ্বর হইলে কপালে ওড়িকোলনেব পটি বা জলপটি দেওয়া হয়। জলপটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইবার সময় দেহ হইতে তাপ লয় এবং ইহাতে জ্বর কমিয়া যায়।

(2) গাত্র হইতে যখন ঘাম বাহির হয় তখন পাখার হাওয়া দিলে দেহ শীতল হয়। কাবণ হাওয়া দিলে ঘাম বাষ্পে পরিণত হইতে সুবিধা পায় এবং দেহ হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে দেহ ঠাণ্ডা হয়।

(3) গরমের দিনে পানীয় জল ঠাণ্ডা করিবার জন্য জল মাটির কুঁজায় রাখা হয়। কুঁজা মাটির তৈয়ারী বলিয়া ইহার গায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া সবদা জল চোয়াহরা বাহিরে আসে এবং বাষ্পে পরিণত হয়। ইহার জন্য প্রয়োজনীয় লীন-তাপ কুঁজার গাত্র সরববাহ করে এবং কুঁজা ঠাণ্ডা হইয়া যায়। সুতরাং কুঁজাব অভ্যন্তরস্থ জলও ঠাণ্ডা হইয়া যায়। কিন্তু কাচের পাত্র বা কাসার পাত্রে জল রাখিলে জল তত ঠাণ্ডা হয় না। কারণ ঐ পাত্রের গায়ে ছিদ্র থাকে না এবং বাষ্পায়নের কোন সুবিধা থাকে না। পাত্রের মুখ হইতে যেটুকু বাষ্পীভূত হইবার তাহাই হয়। সেজন্য জল তেমন ঠাণ্ডা হইতে পারে না।

(4) গরমেব দিনে ঘরের জানালায় ‘খস্‌খস্‌’ বুলাইয়া তাহাতে জল ছিটাইয়া ঘর ঠাণ্ডা রাখা হয়। ইহার কারণ এই যে খস্‌খসের জল খস্‌খস্‌ হইতে লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে খস্‌খস্‌ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং খস্‌খসের ভিতর দিয়া ঘরে যে-হাওয়া আসে তাহাও ঠাণ্ডা হয়।

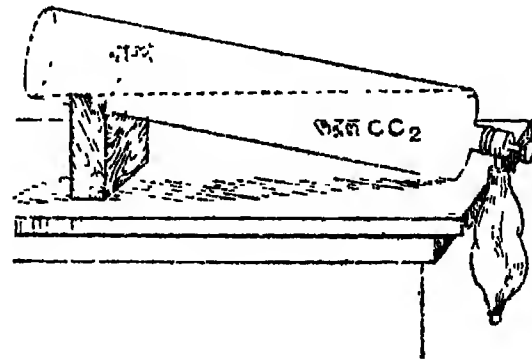
(5) ভিজা জামা-কাপড় গায়ে শুকাইলে সর্দি লাগে। এইজন্য ভিজা জামা-কাপড় গায়ে দিয়া থাকিতে নাই। জামা-কাপড়ের জল গা হইতে তাপ

লইয়া বাষ্পীভূত হয়। তাহাতে গা হঠাৎ শীতল হইয়া পড়ে। তখন ঠাণ্ডা লাগিয়া সর্দি হইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়।

বাষ্পায়নে যে শৈত্যের উৎপত্তি হয় তাহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ-কল তৈয়ারী হইয়াছে। এই কলে তরল অ্যামোনিয়াকে বাষ্পায়নের সহযোগ দিয়া শৈত্য সঞ্চার করা হয় এবং শৈত্যের ফলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

রেফ্রিজারেটরও উপরোক্ত প্রক্রিয়া অনুসারে কাজ করে। রেফ্রিজারেটরের অভ্যন্তর খুব শীতল বলিয়া উহার ভিতর মাংস, ডিম, ফল প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যাদি বহুদিন অবিকৃতভাবে রাখা যায়।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সৃষ্টি এবং তাহা দ্বারা তরলের কঠিনীভবন হইবার একটি চমৎকার উদাহরণ হইতেছে শুষ্ক-বরফ (dry ice) প্রস্তুত-প্রণালী। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড জমিয়া গেলে যাহা হয় তাহাকেই আমবা শুষ্ক বরফ বলি। একটি চোঙাকৃতি পাত্রে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড রাখা হয় এবং পাত্রটিকে একটু কাত করিলে পাত্রের মুখে একটি ভালভ হইতে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড তীব্র ধারায় বাহির হইয়া আসে। ঐ তরলের দ্রুত বাষ্পায়নের ফলে উহা খুব ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহার এক অংশ জমিয়া কঠিন হয়। পাত্রের মুখে সঙ্গে আটকানো একটি মসলীনের তৈরী ব্যাগে উহা সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 5৮)।



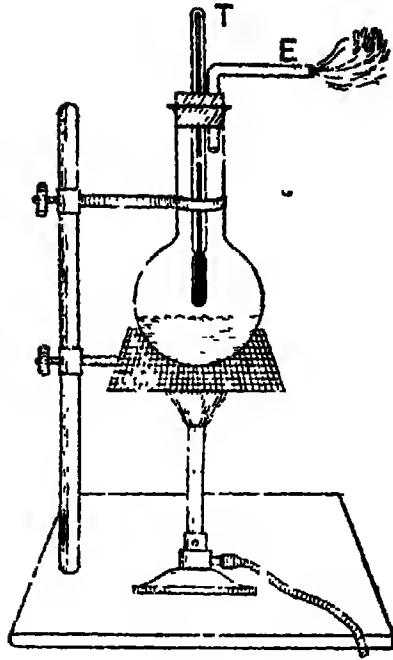
চিত্র 5৮

শুষ্ক বরফের তাপমাত্রা -78°C , কাজেই উহা খুব শীতল। এই কারণে শীতলীকরণের নানা প্রক্রিয়ায় উহার ব্যবহার দেখা যায়।

5-15. তরলের স্ফুটন (Boiling of a liquid) :

কিভাবে তরলের স্ফুটন সংঘটিত হয় এবং কি অবস্থায় বলা যাইবে পারে যে তরলের স্ফুটন হইতেছে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে সুন্দররূপে বোঝা যাইবে।

: একটি কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। ফ্লাস্কের



তরলের স্ফুটন

চিত্র ৫ছ

মুখ একটি রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ কর। ছিপির একটি ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার (T) এবং আর একটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো কাচনল (E) ঢুকাও। দেখিও যেন থার্মোমিটারের কুণ্ডলি জলের একটু উপরে থাকে (চিত্র ৫ছ)। ফ্লাস্কটি চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ অবলম্বনেব (support) সহিত আটকাও এবং তলায় একটি তারের জাল রাখ। অতঃপর বানাবেব সাহায্যে ফ্লাস্কে আশ্রয় আশ্রয় উত্তপ্ত কর।

প্রথম প্রথম জল একটু উত্তপ্ত

হইলে দেখিবে যে জলের উপর-তল

হইতে কিছু কিছু বাষ্প উঠিতেছে এবং জলে দ্রবীভূত বায়ু বুদবুদের আকারে জল হইতে বাহির হইয়া পাত্রের গায়ে জমিতেছে। থার্মোমিটারেব দিকে লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়িতেছে। যখন পানদ প্রায় $70^{\circ}/80^{\circ}\text{C}$ লাগ স্পর্শ করিবে তখন ফ্লাস্কের তলায় জলীয়-বাষ্পের বুদবুদ গঠিত হইতে দেখা যাইবে। এই বুদবুদগুলি উপরে উঠিয়া অপেক্ষাকৃত শীতল জলের সংস্পর্শে আসিয়া ভাঙ্গিয়া যাইবে। এই সময় একটা শৌঁ শৌঁ শব্দ (simmering sound) শোনা যাইবে। অবশেষে যখন তাপমাত্রা $98^{\circ}/99^{\circ}\text{C}$ কাছাকাছি হইবে তখন বুদবুদগুলি তলা হইতে উপরে আসিয়া ফাটিয়া পড়িবে এবং সমগ্র তরল পদার্থে একটা আগোড়নের সৃষ্টি হইবে। তখন E কাচনল দিয়া প্রচুব স্টীম বাহির হইতে থাকিবে এবং থার্মোমিটারে তাপমাত্রা স্থির হইবে। তখন বলা যাইবে যে জলের স্ফুটন হইতেছে। স্ফুটনকালে তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকিবে।

5-16. তরলের স্ফুটনাঙ্কের সংজ্ঞা :

যে-তাপমাত্রায় কোন তরলের স্ফুটন হয় তাহাকে উক্ত তরলের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) বলা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে

পরিণতি হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর ঐ তাপমাত্রা নির্ভরশীল।

প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক (normal) ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক বলে। যেমন, স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে জলের 100°C তাপমাত্রাতে ফুটন হয়। সুতরাং 100°C জলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক।

100°C তাপমাত্রার জল এবং ঐ জল হইতে উত্তীর্ণ স্টীমের ভিতর অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তথ্য আছে। উভয়ের তাপমাত্রা 100°C হইলেও প্রতি গ্রাম জল অপেক্ষা প্রতি গ্রাম স্টীমে 537 calorie তাপ বেশী আছে। জলকে 100°C তাপমাত্রাতে উত্তপ্ত করিলেই স্টীম নির্গত হইবে না। প্রতি গ্রাম জলে আবার 537 calorie তাপ সরবরাহ করিলে তবে জল হইতে স্টীম নির্গত হইবে। অন্তর্নিহিত তাপের পার্থক্য হেতু 100°C তাপমাত্রার জলে হাত ঘেঁরুপ পুড়িবে স্টীমের সংস্পর্শে হাত অনেক বেশী পুড়িয়া যাইবে।

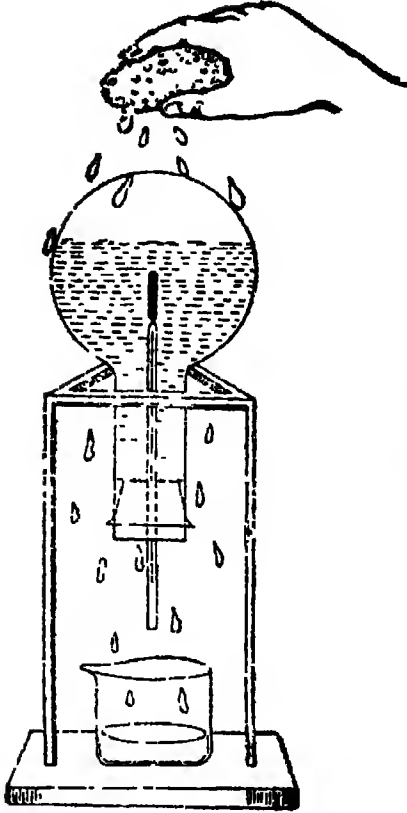
5-17. ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effects of pressure on boiling point) :

পূর্বেই বলি হইয়াছে যে, কোন তরলের ফুটনাঙ্ক তরলের উপরিস্থ তলে যে চাপ পড়িতেছে তাহার উপর নির্ভরশীল। চাপ কমাইলে তরলের ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ, তরল কম তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ বাড়াইলে ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তরল বেশী তাপমাত্রায় ফোটে। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

(1) চাপ-হ্রাসে ফুটনাঙ্কের হ্রাস : * Franklin-এর পরীক্ষা :

একটি গোল তলায়ুক্ত কাচের পাত্র অর্ধেক জলভর্তি করিয়া জল ফুটাও। জলের বাষ্প পাত্র হইতে সমস্ত বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার একটি কর্ক দিয়া পাত্রের মুখ বন্ধ কর এবং কর্কের ফুটা দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। পাত্রটিকে গরম করা বন্ধ কর এবং 5জ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐ বকম উল্টা করিয়া বসানো। জলের উপরের জায়গা জলীয় বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকিবে। আগুন সবাইয়া লইবার ফলে জলের ফুটন

বন্ধ হইবে। এইবার পাত্রে উপর ঠাণ্ডা জল ঢাল। দেখিবে জল পুনরায় ফুটিতে শুরু করিয়াছে অথচ থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C হইতে কয়েক ডিগ্রী কম। এইরূপ হইবার কারণ কি?



চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস :
Frankling-এব পৰীক্ষা
চিত্র 5জ

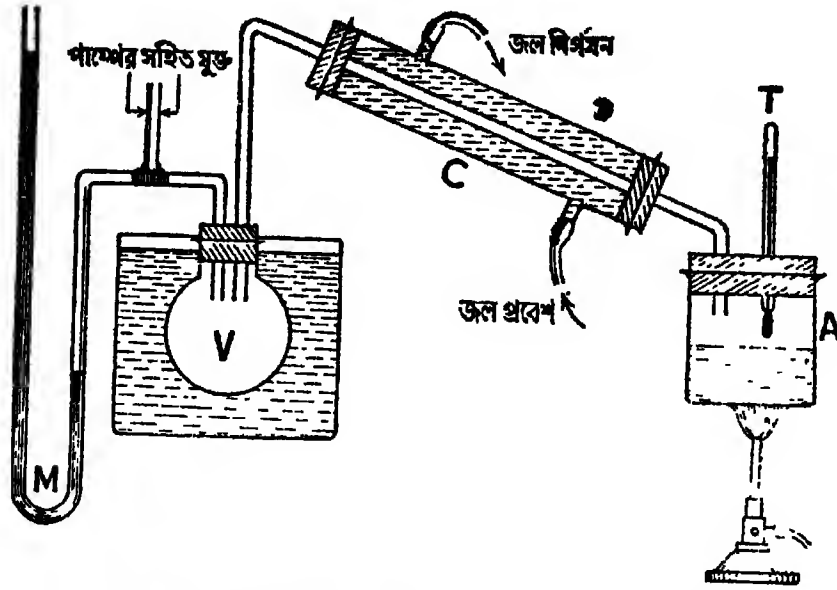
ঠাণ্ডা জল ঢালার দরুন পাত্রে অভ্যন্তরস্থ জলীয় বাষ্পের খানিকটা তরলে পরিণত হয়। ফলে তরলে উপরের চাপ অনেক হ্রাস পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে স্ফুটনাঙ্কও হ্রাস পায়। জলের তাপমাত্রা আন্তঃস্থিক স্ফুটনাঙ্কের বেশী থাকায় ঐ কম তাপমাত্রাতেই পুনরায় জল ফুটিতে শুরু করে। সুতরাং এই পৰীক্ষা হইতে প্রমাণ হয় যে চাপ হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস হয়।

চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস—এই ঘটনা নানা শিল্পপ্রতিষ্ঠানে প্রযুক্ত হয়। উদাহরণ স্বরূপ কয়েকটি রাসায়নিক পদার্থ—যেনন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত প্রণালীতে, চিনির দ্রবণ হইতে চিনির কেলসন প্রস্তুত প্রণালীতে ইহাব প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

(2) চাপ-বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি : Regnault-এর পরীক্ষা :

এই পরীক্ষার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা 5খ নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল। V একটি বায়ুপূর্ণ তামার বহুলাকার পাত্রনঃ ইহার সাহিত একটি সরু নল দ্বারা বায়ুনিরুদ্ধ তামার স্ফুটন-পাত্র (boiler) A সংযুক্ত। ঐ নলকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য উহার গায়ে আর একটি জলের মোটা পাইপ C লগানো আছে। এই ব্যবস্থাকে শীতক (condenser) বলে। উহার একমুখ দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবেশ করে এবং অন্যমুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। A স্ফুটন-পাত্রে পরীক্ষাধীন তরল লইয়া উহার ভিতর একটি থার্মোমিটার T এমনভাবে ঢুকানো থাকে যে থার্মোমিটার তরলের খানিকটা উপরে থাকে। V-পাত্রটি একটি জলগাহের (water-bath) মধ্যে

রাখা হয় বাহ্যতে উহার তাপমাত্রার তারতম্য না ঘটে। এই V-পাত্রে সহিত একটি বায়ুসংনমন পাম্প ও একটি ম্যানোমিটার-M যুক্ত থাকে। পাম্প দ্বারা



চাপবৃদ্ধিতে ফুটনাঙ্কে বৃদ্ধি : Rognault-এব পবীক্ষা ব্যন্থা

চিত্র ৫৯

V-পাত্রে বায়ু চাপ বৃদ্ধি করা যায় এবং ম্যানোমিটার দ্বারা ঐ চাপ পরিমাপ করা হয়।

কার্যপ্রণালী :

প্রথমত V-পাত্রে বায়ু চাপ বাহ্যিক বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া A-পাত্র গরম কব। পাত্রে তরল বাষ্প হইয়া C-শীতক বেষ্টিত সরু নলে প্রবেশ করিবে কিন্তু শীতক দ্বারা ঠাণ্ডা হইয়া পুনরায় তরল অবস্থায় A-পাত্রে ফিরিয়া আসিবে। ইহার ফলে তরলের উপর চাপের কোন তারতম্য হইবে না—ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমানই থাকিবে। ক্রমাগত তাপ প্রদান করাতে এক সময় ফুটনপাত্রে তরল ফুটিতে শুরু করিবে। তখন থার্মোমিটার একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা দেখাইবে। ইহাই তরলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক।

এইবার পাম্প চালাইয়া V-পাত্রে বায়ু চাপ বৃদ্ধি কর যাহাতে ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যায়। ইহার ফলে তরলের উপরে চাপও বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে। এইবার ফুটনপাত্রে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে যে যখন তরল ফুটিতে আরম্ভ করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা

পূর্বের ফুটনাক হইতে অনেক বেশী। এইভাবে V-পাত্রের বায়ু-চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি করিলে তরলের ফুটনাকও ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

চাপহ্রাসে ফুটনাক হ্রাস পায়—ইহাও এই পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যাইতে পারে। ইহার জন্য V-পাত্রের সহিত বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প (exhaust pump) লাগাইয়া পাত্র হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইতে হইবে। ইহাতে ফুটনপাত্রের তরলের উপরিস্থ চাপ হ্রাস পাইবে এবং দেখা যাইবে যে তরল অনেক কম তাপমাত্রায় ফুটিতেছে।

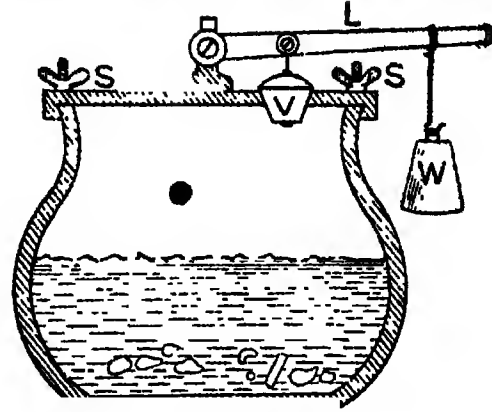
পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে প্রত্যেক 27 mm. বায়ুর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে জলের স্বাভাবিক ফুটনাক (100°C) 1°C করিয়া বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

পাহাড়ের উপর বায়ু-চাপ কম থাকায় জলের ফুটনাক কমিয়া যায়—অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় জল ফুটিতে পাবে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে এভারেস্ট গিরিশৃঙ্গে (উচ্চতা 29,000 ft) জল মাত্র 70°C তাপমাত্রাতে ফুটিতে সুরু করিবে। যদি মানুষ 65,000 ft উঁচুতে উঠিতে পারে তবে মানুষের দেহের জল (অনারত অবস্থায় থাকিলে) ফুটিতে সুরু করিবে কারণ ঐ উচ্চতায় জল মাত্র 37°C তাপমাত্রায় ফটিবে। দার্জিলিং পাহাড়ে (উচ্চতা প্রায় 7000 ft.) জলের ফুটনাক প্রায় 90°C .

চাপ বৃদ্ধিতে ফুটনাকের বৃদ্ধি—এই ঘটনার প্রয়োগ কয়েকটি শিল্প প্রতিষ্ঠানে দেখিতে পাওয়া যায়। যেমন, কবাত গুঁড়া এবং কষ্টিক সোডা হইতে কাগজের মণ্ড প্রস্তুত করিতে, কৃত্রিম সিল্ক তৈয়ারীতে, হাড় হইতে জিলেটিন নিষ্কাশনে ইহার প্রয়োগ আছে। তাছাড়া হাসপাতালে ব্যবহৃত ব্যাগেজ, তোয়ালে প্রভৃতি এই প্রণালীর সাহায্যে বীজাণুমুক্ত করা হয়। টিনজাত খাদ্যদ্রব্য প্রস্তুত প্রণালীতেও ইহার প্রয়োগ দেখা যায়।

পাহাড়ে জলের ফুটনাক কম বলিয়া মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হয় না। মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হইবার জন্য যে-তাপের প্রয়োজন, জল কম তাপ-মাত্রায় ফুটিবার জন্য ঐ তাপ সরবরাহ করিতে পারে না। এই খাদ্যদ্রব্যগুলি রন্ধনের জন্য পাহাড়ের উপর pressure-cooker নামক এক প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে কৃত্রিম উপায়ে চাপ বৃদ্ধি করিয়া জলকে 100°C -এ ফুটানো হয়।

৫৭ নং চিত্রে একটি ঐরূপ কুকার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি বাতুমিহিত যোঁটা দেওয়ার পাত্র। দুইটুকু S এবং S দ্বারা একটি ঢাকনীকে পাত্রে মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে আঁটকানো যায়। ঢাকনীতে একটি ছিদ্র আছে এবং ঐ ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্ভ V বন্ধ করিয়া রাখে। একটি লিভার দণ্ড L এবং ওজন W-এর সহায়তায় ভাল্ভকে ছিদ্রমুখে আঁটকাইয়া রাখা হয়। ওজনটিকে লিভার-দণ্ডের বিভিন্ন স্থানে রাখিলে ভাল্ভটি



Pressure-Cooker

চিত্র ৫৭ .

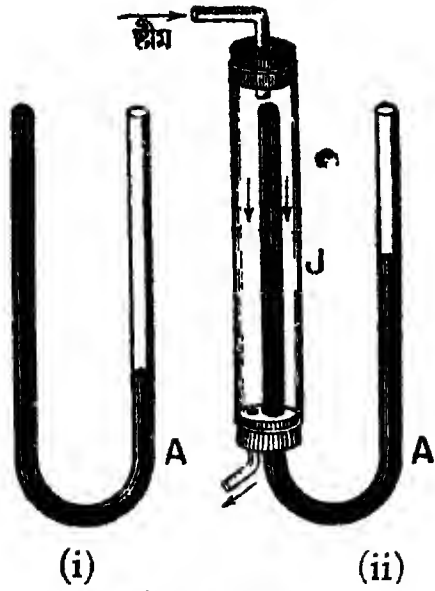
বিভিন্ন চাপে ছিদ্র বন্ধ করিবে এবং তাহার ফলে কুকারের অভ্যন্তরস্থ স্টীমের চাপ বিভিন্ন হইবে। যদি স্টীমের চাপ একটু বেশী হইয়া পড়ে তাহা হইলে ভাল্ভটি খুলিয়া যাইবে এবং অতিবিক্ত চাপ লাঘব হইবে। ইহাতে পাত্র ভাঙ্গিবার ভয় থাকে না। ওজন W-কে বিভিন্ন স্থানে রাখিয়া স্টীমের চাপ বিভিন্ন করা যাইতে পারে এবং তাহাতে কুকারের জলকে প্রযোজন মত 100°C অথবা তাহার বেশী তাপমাত্রাতে ফুটানো যাইতে পারে। এই ধরনের কুকারে দশ মিনিট সময়ে মাংস সুসিদ্ধ করা যায়। এই কুকারকে Popin's digester এই নামেও অভিহিত করা হয়।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে বাড়ীতে ভাত বা মাংস রান্না করিবার সময় হাড়িতে ঢাকনা চাপা দেওয়া হয়। ইহার কারণ স্টীমের চাপ বৃদ্ধি করা। তাহাতে ভাত বা মাংস সুসিদ্ধ হয়।

5-18. তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় (The vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure) :

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণ করা যাইবে। A একটি U-অঙ্করের গ্রায় ঝাঁকানো কাচনল। ইহার একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা। ইহা প্রত্যেকটি বাহু প্রায় ঐক ফুট লম্বা। এই নলটির খোলামুখ দিয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ ঢাল। পারদ দুই বাহুতেই প্রবেশ করিবে। এই-ভাবে পারদ ঢালিতে থাকঁ যতক্ষণ পর্যন্ত না নলের খোলা মুখের দিকে আধ ইঞ্চি

পরিমাণ স্থান খালি থাকে। এইবার ঐ স্থান জল দিয়া ভর্তি কর। এই



(i) তবলের স্ফুটন হইলে তবলের বাষ্পের
চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়

চিত্র 5ট

জল পাতিত জল (distilled water) হইলে ভাল হয় এবং আগে হইতে ফুটাইয়া দ্রবীভূত বায়ু বহিষ্কৃত করিয়া নিলে আরো ভাল হয়। এখন খোলা-মুখ আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইলে জল পারদ ঠেলিয়া উপরে উঠিবে এবং নলের বাঁক পার হইয়া বদ্ধ বাহতে পানদের উপরে আসিয়া জমা হইবে। এখন একটি সরু কাটি খোলা মুখ দিয়া ঢুকাইয়া খোলা বাহ হইতে আস্তে আস্তে পারদ বাহিব করিয়া লগ্ন বাহাতে খোলাবাহব পানদর্শী বদ্ধবাহব পানদর্শী অপেক্ষা

নীচে থাকে [চিত্র 5ট (i)]। এখন A-নলটি উপরোক্ত পরীক্ষার জন্য তৈয়ারী হইল। এইবার নলটির বদ্ধবাহ আন একটি মোটা কাচনল] দ্বারা ঘিরিতে হইবে [চিত্র 5ট (ii)]। ইহাকে জ্যাকেট বলা হয়। ইহার দুই মুখই কর্ক দ্বারা শক্ত করিয়া আটকানো। উপরেব কর্কের চিত্র দিয়া একটি ছোট পাকানো নলের সাহায্যে জ্যাকেটের ভিতর স্টিম প্রবেশ করিতে পাবে এবং তলার কর্কের চিত্র দিয়া আর একটি নলের সাহায্যে বাহিব হইয়া যাইতে পারে। তলার কর্কটি A-নলটিকে খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিতেও সাহায্য করে। এখন বয়লার (চিত্রে দেখানো হয় নাই) হইতে স্টিম জ্যাকেটে পাঠাইলে দেখা যাইবে যে A-নলের দুই বাহতে পানদস্তস্তের উচ্চতার পার্থক্য আস্তে আস্তে কমিয়া আসিতেছে। কিছুক্ষণ পরে দুই বাহতেই পানদস্তস্ত একই উচ্চতায় আসিবে [চিত্র 5ট (ii)]। বদ্ধবাহতে পানদর্শী যে যে চাপ পড়িতেছে তাহা পানদস্তস্তের উপরিস্থ জলীয় বাষ্পের চাপ এবং উহার তাপমাত্রা স্টিমের তাপমাত্রার সমান। খোলাবাহতে পানদর্শী বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পানদস্তস্তদ্বয় সমান উচ্চতায় থাকার দরুন জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। সুতরাং বলা যায় যে জলের স্ফুটনকে জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। এই ঘটনা শুধু জলের বেলাতে নয়—যে-কোন তবলের বেলাতেই হইবে।

5-19. তরলের ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাবকারী উপাদান (Factors influencing the boiling point of a liquid) :

নিম্নলিখিত উপাদানগুলি যে-কোন তরলের ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাব বিস্তার করিবে।

(1) তরলের উপরিস্থ চাপ : যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হইবে ঐ তরলের ফুটনাঙ্ক ঐ চাপের উপর নির্ভব করে। চাপ বাড়িলে ফুটনাঙ্ক বাড়ে এবং চাপ কমিলে ফুটনাঙ্ক কমে। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে প্রতি 27 mm. বায়ু-চাপ হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে জলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক (100°C) 1°C করিয়া হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(2) তরলে দ্রবীভূত অবস্থায় অপদ্রব্যের (impurities) অবস্থান : তরলে অপদ্রব্য দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ তরলের ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ তরল অপেক্ষা বেশী হয়। যেমন, বিশুদ্ধ জলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক 100°C , কিন্তু জলে সাধারণ লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ জলের ফুটনাঙ্ক প্রায় 9°C বাড়িয়া যায়। এই কারণে কোন তরলের ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করিতে গেলে থার্মোমিটার কুণ্ড কখনও তরলে নিমজ্জিত করিতে নাই। তরল হইতে উদ্ধৃত বাষ্পের সংস্পর্শে রাখিতে হয়।

(3) ফুটন পাত্রের উপাদান : পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরলের ফুটনাঙ্ক ফুটনপাত্রের উপাদান এবং পবিত্রাব পরিচ্ছন্নতা দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবান্বিত হয়। যেমন, তামা এবং কাচপাত্রে জল ফুটাইলে কাচপাত্রে বোলাতে ফুটনাঙ্ক সামান্য বেশী হয়। ঐ কাচপাত্র পবিত্রাব থাকিলে ফুটনাঙ্ক আরও বাড়িয়া যায়।

5-20. ফুটনের নিয়ম (Laws of bullition) :

তরলের ফুটন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে ফুটনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক ফুটনাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

(2) যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হয় উহার হ্রাস-বৃদ্ধিতে তরলের ফুটনাঙ্ক হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(3) জ্বপের ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ জ্বাবকের ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা সর্বদা বেশী হয়।

কয়েকটি তরলের স্বাভাবিক ফুটনাঙ্কের তালিকা

তরল	ফুটনাঙ্ক	তরল	ফুটনাঙ্ক
পরিষ্কৃত জল	100°C	তাপিন তেল	159°C
সালফিউরিক অ্যাসিড	325°C	অ্যালকোহল	78.3°C
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড	76.7°C	গ্লিসারিন	280°C
		ইথার	35°C

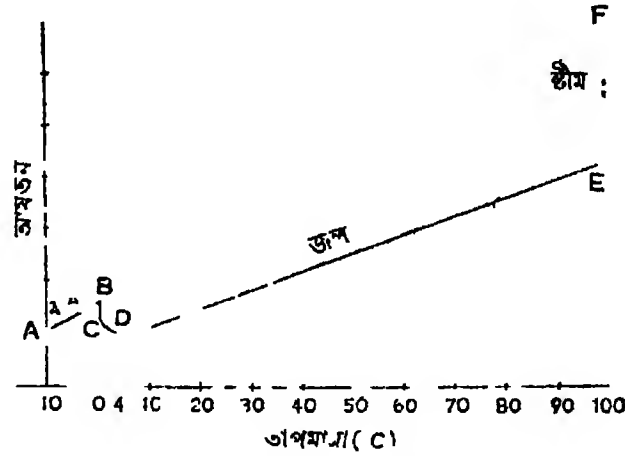
5-21. অবস্থা পরিবর্তনে জলের আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume of water with change of s.ate) :

উত্তাপ পাইলে বরফ গলিয়া জল হয় এবং জল স্টীমে পরিণত হয়—অর্থাৎ কঠিন হইতে তরল এবং তরল হইতে বাষ্পে অবস্থান্তর হয়। এই অবস্থান্তরের সময় আয়তনের পরিবর্তন হয়। এই ধরনের অবস্থান্তরে প্রায় প্রত্যেক পদার্থেরই আয়তনের প্রসারণ হয়। কিন্তু জলের বেলাতে আয়তনের পরিবর্তন সর্বদা এক বকম নয় বলিয়া ইহা উল্লেখযোগ্য। পরপৃষ্ঠাব 5ঠা নং চিত্রে -10°C তাপমাত্রার এক গ্রাম বরফ গলিয়া জল হইলে এবং ঐ জল স্টীমে পরিণত হইলে আয়তনের কিরূপ পরিবর্তন হইবে তাহা লেখচিত্র দেখানো হইয়াছে। অবশ্য, এই লেখচিত্র স্কেল অনুযায়ী ঠাকা হয় নাই—শুধু মাত্র পরিবর্তন কিরূপ হয় তাহা লেখচিত্রে বুঝানো হইয়াছে।

-10°C হইতে 0°C পর্যন্ত বরফ উত্তাপ পাইয়া আয়তনে একটু বাড়িবে কিন্তু ইহার অবস্থার কোন পরিবর্তন হইবে না। ইহা AB অংশ দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

অবস্থা পরিবর্তন

0°C -এ পৌঁছলে বরফ গলিয়া জল হইবে—অর্থাৎ অবস্থান্তর ঘটিবে। এই সময় তাপমাত্রা 0°C -এ স্থির থাকিবে এবং বরফ-গলা জলের আয়তন কিছু হ্রাস পাইবে। এই ঘটনা লেখচিত্রের BC অংশ দ্বারা বুঝানো হইয়াছে। এই অংশ প্রায় উল্লম্ব—অর্থাৎ এই অংশে তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হয় নাই।



আয়তন—তাপমাত্রা লেখচিত্র

চিত্র ৫১

সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইলে এবং তাপমাত্রা 0°C হইতে বৃদ্ধি পাইলে জলের আয়তন ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং 4°C তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম হইবে। ইহা লেখচিত্রের CD অংশের দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

অতঃপর জলের তাপমাত্রা 4°C হইতে যত বৃদ্ধি পাইবে জলের আয়তন তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ না জলের তাপমাত্রা 100°C -এ পৌঁছায়। জলের আয়তনের এই পরিবর্তন DE অংশ বুঝাইতেছে।

100°C তাপমাত্রায় জল স্টিমে পরিণত হইতে শুরু করিবে অর্থাৎ পুনরায় অবস্থান্তর ঘটিবে। এই সময়ে তাপমাত্রা 100°C -এ স্থির থাকিবে। কিন্তু স্টিমের আয়তন জলের আয়তন অপেক্ষা অনেক বেশী হওয়ায়, এইবার আয়তনের পরিবর্তন হইবে অনেক বেশী। ইহা লেখচিত্রের খাড়া অংশ EF দ্বারা বুঝানো হইয়াছে।

F বিন্দু সমস্ত জলের স্টিমে রূপান্তরিত হইতেছে। এক গ্রাম জল 100°C -এ স্টিমে পরিণত হইলে ঐ স্টিমের আয়তন হইবে জলের আয়তনের প্রায় 1600 গুণ।

সারাংশ

গলন ও কঠিনীভবন : কোন কঠিন পদার্থে তাপপ্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। ইহাকে পদার্থের গলন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে পদার্থের গলনাঙ্ক বলা হয়।

তেমনি কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে কঠিনীভবন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে তরলের হিমাঙ্ক বলা হয়।

সাধারণত কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা, পিতল প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থ ইহার ব্যতিক্রম।

গলনের উপর চাপের প্রভাব :

(1) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহাদের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায়।

পুনঃশিলীভবন :

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে। Bottomley-র পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন সুন্দরভাবে দেখানো হইতে পারে।

বাষ্প ও বাষ্পীভবন :

কোন তরলের বাষ্পীয় অবস্থাতে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। বাষ্পীভবন তিন রকমে হইতে পারে : (1) বাষ্পায়ন (2) ফুটন ও (3) উর্ধ্বপাতন।

বাষ্পায়নের ফলে শৈতোর সঞ্চার হয় এবং ইহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ কল ও রেফ্রিজারেটর তৈয়ারী হয়।

তরলের ফুটন হইলে বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

প্রশ্নাবলী

1 পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাহাকে বলে? প্লাটিনামের গলনাঙ্ক 1755°C বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক কি সমান?

[What are melting and solidification of a substance? What is meant by saying that the melting point of platinum is 1755°C ? Are melting point and freezing point of a substance identical?] ●

2. মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে কিরূপে?

[How would you determine the melting point of paraffin?]

[H S Exam 1961]

3. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি? উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা দাও।

[What is the effect of pressure on melting point? Explain with illustrations]

4. পুনঃশিলীভবন কাহাকে বলে? পৰীক্ষণাবে উহা দেখাটানোর প্রণালী বর্ণনা কর।

[What is regelation? Describe a method to demonstrate it in the laboratory]

১. পুনঃশীল ভবন ব্যাখ্যা কর। ভবিষ্যৎ একটি তাম্র বা তাম্র এর খণ্ড বসন্ত কাটিয়া ফিক্রপ বাহির হই তাহা লক্ষ্য করা কর। তাম্র বা তাম্রের পরিবর্তে সাধারণ সূত তে কি ইরূপ হয়? তোমার উত্তরের কাব্য বর্ণনা কর।

[Explain what you mean by regelation Explain how a copper wire carrying a load can pass through a block of ice Will the experiment succeed if an ordinary thread replaces the copper wire? Explain your answer]

6. জল জমিবার ফলে প্রচণ্ড বলে উদ্ভূত হয় তাহা প্রদর্শন করিবার একটি পৰীক্ষা বর্ণনা কর। ইহা সহিত পাঠ্য ডব গবেষণা ফাটলেব কি সম্পর্ক বা?

[Describe an experiment to show that water exerts a great force while freezing What connection has it with the cracks found in the rocks?]

7. বাষ্পায়ন ও স্ফুটন কাহাকে বলে? উভয়ের মধ্যে পার্থক্য কি?

[What are evaporation and boiling? What is the difference between them?] ● [H S (comp) 1961 '63]

8. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ:—(ক) গরম কালে পানি হাওয়ায় আরাম নোহ হয় কেন? (খ) মাটির ফুঁজায় জল বাষ্পিলে জল ঠাণ্ডা হয় কিন্তু ধাতবপাত্রের বাষ্পিলে হয় না কেন? (গ) ভিজা কাপড় গায়ে শুকানো ঠিক নয় কেন? (ঘ) গরম কালে জানালায় ধূসর টানানো হয় কেন? (ঙ) দুই টুকরা বসন্ত এক সঙ্গে করিয়া তাপ দিলে জোড়া লাগে কেন? (চ) কোন বস্তুতে ঠাণ্ডা করিতে 0°C এর জল অপেক্ষা 0°C এর বসন্ত বেশ কার্যকর কেন? (ছ) 100°C তাপমাত্রায় জলের সংস্পর্শে হাত যেকোন দৃষ্টি হয়, স্টীমের সংস্পর্শে দৃষ্টি বেশী হয় কেন? (জ) কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ে থার্মোমিটার বস্তু তরলের সংস্পর্শে রাখা হয় না কেন?

পদার্থ বিজ্ঞান

[Answer the following questions :—(a) Why does a fan give a feeling of comfort during hot weather? (b) Why does water become colder when kept in an earthenware vessel than in a metal vessel in hot weather? (c) Why is it unwise to sit in a draught with wet clothes on? (d) Why *lhas* is used on windows in summer? [*H.S. (comp) 1962.*] (e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass.—Why? [*H. S. (comp) 1960, 1962*] (f) Why is ice at 0°C a better cooling agent than water at 0°C ? (g) Why does steam produce severe burns than hot water at 100°C ? (h) In determining the boiling point of a liquid, why is the thermometer bulb kept a little above the liquid?]

9. কোন্ কোন্ কারণেব উপর বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে? বাষ্প ও গ্যাসেব ভিতর পার্থক্য কি?

[What are the factors upon which the rate of evaporation depends? What is the difference between a gas and a vapour?]

10. স্ফুটনাক কাকাকে বলে? তবলেব উপরকার চাপেব সহিত ইহাব সম্পর্ক কি? পবীক্ষা বাবা তোমাব উত্তরেব সাপা কব।

What is boiling point? What is its relation with the pressure on the liquid? Explain your answer with illustration.]

11. স্ফুটনাক্বে উপর (i) চাপবৃদ্ধি এবং (ii) চাপ হ্রাসেব ফলাফল প্রদর্শনেব জন্য একটি করিয়া পবীক্ষা বর্ণনা কব। উহাদেব প্রত্যেকেব কিছু কিছু অযোগ উল্লেখ কব।

[Describe one experiment each to show the effect of (i) an increased pressure, (ii) a reduced pressure on boiling point. Mention some applications of each.]

12. প্রমাণ কব যে তবলেব স্ফুটন ইহলে ঐ তবলেব বাষ্পেব চাপ বায়ুমণ্ডলেব চাপেব সমান হয়।

[Prove that the vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure.]

13. তবলেব স্ফুটনাক কোন্ কোন্ কারণেব উপর নির্ভর করে? স্ফুটনেব নিয়ম কি?

[What are the factors influencing the boiling point of a liquid? What are the laws of boiling?]

14. -10°C হইতে 100°C তাপমাত্রার পরিবর্তনে জলেব আয়তনের কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা লেখচিত্রেব সাহায্যে ব্যাখ্যা কব।

[Explain, with the help of a graph, the changes of volume of water that take place due to a change of temperature from -10°C to 100°C .]

ষষ্ঠে পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিতি

(Water-vapour in atmosphere and Hygrometry)

৪-১. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতি :

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। পুকুর, নদী, সমুদ্র প্রভৃতি হইতে সর্বদা প্রচুর পরিমাণ জল বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়। কোন কোন দিন ইহার পরিমাণ বেশী থাকে, আবার কোন কোন দিন কম থাকে। আমাদের নিত্য অভিজ্ঞতা হইতেই আমরা ইহা বুঝিতে পারি। বর্ষাকালে সাধারণত বায়ু 'ভিজা' থাকে অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশী থাকে এবং শীতকালে বায়ু 'শুক' হয় অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কমিয়া যায়।

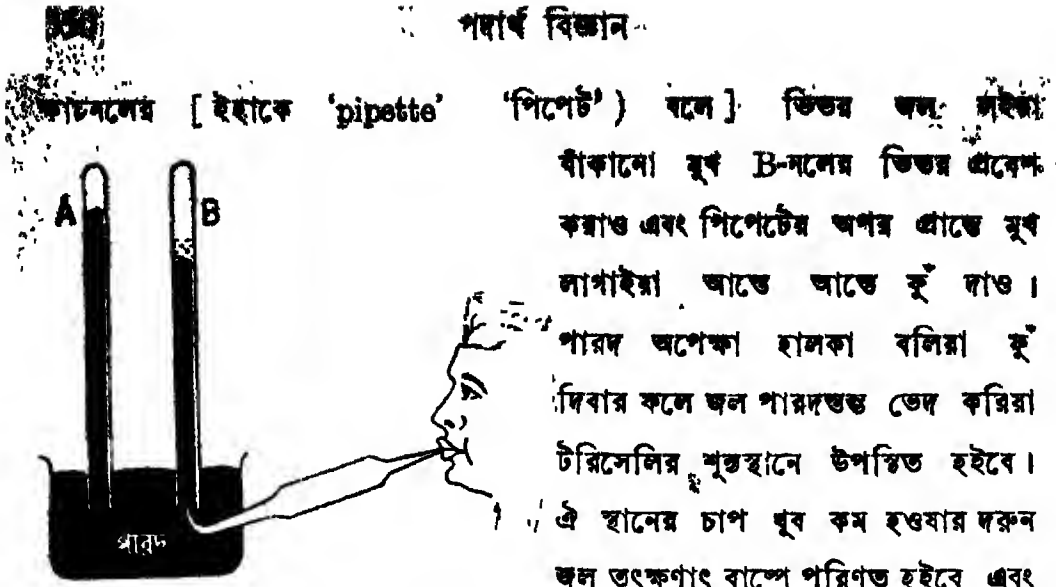
বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির জন্য মেঘ, কুয়াশা, বৃষ্টি প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির ফলে বায়ুমণ্ডলে যে-অবস্থার উদ্ভব হয় তাহার পর্যালোচনা করাই 'হাইগ্রোমিতি'র উদ্দেশ্য।

হাইগ্রোমিতি পাঠের জন্য সংপৃক্ত বাষ্প ও অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। এইজন্য প্রথমে উক্ত বাষ্প সম্বন্ধে সংক্ষেপে প্রয়োজনীয় আলোচনা করা হইল।

৪-২. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প (Saturated and unsaturated vapour) :

কোন তরলকে একটি আবদ্ধস্থানে রাখিয়া বাষ্পরূপে রূপান্তর দিলে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ স্থান যে-পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম ততটুকু বাষ্প উৎপন্ন হইবার পর আর বাষ্পায়ন হয় না। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ঘটনাটি সুন্দররূপে দেখানো যাইতে পারে এবং ইহা হইতে সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে ধারণা স্পষ্টতর হইবে।

পরীক্ষা : A এবং B দুইটি ব্যারোমিটার নল। প্রথমে উহাদের পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হইয়াছে। আমরা জানি যে সাধারণ অবস্থার দুইটি নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান হইবে ; কারণ উভয় নলের পারদস্তম্ভই বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্দেশ করে। এখন একটি সরু বাকানো



B-নলে জল জমিবার পর পারদস্তম্ভ আর নামিবে না।

চিত্র 6ক

করে। পিপেটের সাহায্যে একটু একটু করিয়া জল প্রবেশ করাইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে B-নলের পারদস্তম্ভও একটু একটু করিয়া নীচে নামিতেছে। এইভাবে চলিবার পর যখন পারদশীর্ষে একটু জল জমিবে তখন দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভ আর নামিতেছে না [চিত্র 6ক]। অর্থাৎ, জল আর বাষ্প পরিণত হইতেছে না। তখন বলা হয় যে পারদশীর্ষের উপরিস্থ স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত (saturated) হইরাছে।

কাজেই কোন আবদ্ধ স্থানে তরলের সংস্পর্শে বাষ্প থাকিলে ঐ বাষ্প সর্বদা সংপৃক্ত হয়; কারণ তরলের উপস্থিতির মানেই এই যে ঐ আবদ্ধস্থান যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম সেই সীমা উপস্থিত হইরাছে। ঐ অবস্থায় বাষ্প তরলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া উহা সর্বোচ্চ (maximum)। A এবং B নলের পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য হইতে এই সর্বোচ্চ চাপ নির্ণয় করা যায় এবং ইহাকে সংপৃক্ত বাষ্প চাপ (saturated vapour-pressure) বলা হয়। সংপৃক্ত বাষ্পচাপকে অনেক সময় জলীয় টান (aqueous tension) বলা হয়।

উপরোক্ত কারণে তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপকে পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রার 30 mm. বলিতে আমরা বুঝি যে 25°C তাপমাত্রার ঐ তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ 30 mm. উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

বাকানো বুধ B-নলের ভিতর প্রবেশ করায় এবং পিপেটের অপর প্রান্তে বুধ লাগাইয়া আঙুলে আঙুলে হুঁ দাও। পারদ অপেক্ষা হালকা বলিয়া হুঁ দিবার কালে জল পারদস্তম্ভ ভেদ করিয়া টরিসেলির শূন্যস্থানে উপস্থিত হইবে। ঐ স্থানের চাপ বুধ কম হওয়ার দরুন জল তৎক্ষণাৎ বাষ্পে পরিণত হইবে এবং B-নলের পারদস্তম্ভকে একটু নীচে নামিতে দেখা যাইবে। ইহার কারণ এই যে জলীয় বাষ্প পারদস্তম্ভের উপর কিছু চাপ প্রদান

B-নলে পারদস্তম্ভের উপর জল জমিবার পূর্বে যে-কোনও সময় টারিসেলীর শূন্যস্থানে যে-বাষ্প থাকিবে তাহাকে অসংপৃক্ত বাষ্প (unsaturated vapour) বলা হইবে এবং উহা যে-চাপ প্রয়োগ করিবে তাহাকে অসংপৃক্ত বাষ্প-চাপ (unsaturated vapour-pressure) বলা হইবে।

এখন যদি উপরোক্ত ব্যবস্থার দ্বারা B-নলের টারিসেলীর শূন্যস্থানের তাপমাত্রা বাড়ানো যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে আরো জল বাষ্পীভূত হইতেছে—অর্থাৎ ঐ শূন্যস্থানের বাষ্প ধারণের ক্ষমতা বাড়িয়া গিয়াছে এবং সংপৃক্ত বাষ্প চাপও বাড়িয়া গিয়াছে।

অতরাং উপরোক্ত পরীক্ষা হইতে আমরা নিম্নলিখিত সিদ্ধান্ত করিতে পারি :—

- (i) জলীয় বাষ্প চাপ প্রদান করিতে সক্ষম।
- (ii) কোন আবদ্ধ স্থানের জলীয়-বাষ্প ধারণ কবিবাব একটি-সর্বোচ্চ সীমা আছে ঐ সীমা উপস্থিত হইলে বাষ্পকে সংপৃক্ত বাষ্প বলে এবং উহাব চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।
- (iii) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে আবদ্ধ স্থানের জলীয়-বাষ্প ধারণের ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় এবং ঐ বাষ্পের চাপও বৃদ্ধি পায়।

6-3 সংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of saturated vapour) :

সংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় :—

- (1) একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বিভিন্ন।
- (2) সংপৃক্ত বাষ্প চাপ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়।
- (3) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বয়েল বা চার্লস সূত্র- অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে না।
- (4) যে-কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ অথবা কোন গ্যাস, বাষ্প বা বায়ুর উপস্থিতি দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না, যদি উহাদের ভিতর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়।

অসংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of unsaturated vapour) :

অসংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায় :—

- (1) অসংপৃক্ত বাষ্প সাধারণ গ্যাসের মত আচরণ করে।
- (2) ইহা বয়েল বা চার্লসের সূত্র—অর্থাৎ, গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে।

6-4. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্পের পার্থক্য :

(1) কোন আবহ স্থানে তরল সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রার সংপৃক্ত বাষ্প বলে উহা যে চাপ প্রয়োগ করে তাহা সর্বোচ্চ। এই চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বলে। যদি কোন আবহ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোন তরল পদার্থ না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসংপৃক্ত হইতে পারে বা সত্ত সংপৃক্তও হইতে পারে। যদি আবহস্থানের আয়তন সামান্য হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তবলে পবিণত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে উহা সত্ত সংপৃক্ত—অত্যাধিক অসংপৃক্ত।

(2) অসংপৃক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া আয়তন পরিবর্তন করিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী উহাব চাপের পবিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে উহা হয় না, আয়তন হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলীভূত হয় এবং আয়তন বৃদ্ধি করিলে কিছু তরল বাষ্পীভূত হয় কিন্তু আবহ স্থান সর্বদা সংপৃক্ত থাকে—কাজেই চাপও অপরিবর্তিত থাকে।

(3) অসংপৃক্ত বাষ্পের আয়তন ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে সূত্রানুযায়ী উহাব চাপের পবিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে যদিও তাপমাত্রার পরিবর্তনে সংপৃক্ত বাষ্প চাপের পবিবর্তন হয় তথাপি উহা চার্লসের সূত্রানুযায়ী হয় না।

(4) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অসংপৃক্ত বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি করিলে বা তাপমাত্রা হ্রাস করিলে উহাকে সংপৃক্ত বাষ্পে পবিণত করা যায়।

6-5. শিশিরাক (Dew point) :

বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা জমিবাব ফলেই শিশির সৃষ্টি হয়। সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা দ্বারা বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত থাকে না। কিন্তু কোন কাবণে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইলে সংপৃক্ত হইবাব সম্ভাবনা ঘটে। বার্ত্রিবেলা বিকিরণ প্রকৃতি নানাকাবণে ভূ-পৃষ্ঠ ঠাণ্ডা হইলে সঙ্গে সঙ্গে উহার সহিত যুক্ত বায়ুমণ্ডলও ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহাব আয়তন হ্রাস পায়। ফলে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা কমিয়া যায়। যখন তাপমাত্রা এমন অবস্থায় পৌছায় যে উক্ত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ পরিমাণ বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত (saturated) হয় তখন তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই কিছু জলীয় বাষ্প জমিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকার ধারণ করে। ইহাকেই আমরা শিশির বাল এবং ঐ তাপমাত্রাকে শিশিরাক বলি হয়। সুতরাং যে-

তাপমাত্রার কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপূর্ণ হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলা হয়।

বিকল্পে একথাও বলা যাইতে পারে যে তাপমাত্রা যখন শিশিবান্ধে পৌছায় তখন বায়ুমণ্ডল জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ুমণ্ডল সংপূর্ণ হয়।

পরীক্ষা : একটি কাচের গ্লাসে ঠাণ্ডা জল ঢাল ও উহাব মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। এইবার ছোট একখণ্ড বরফ টুকুবা ঐ জলে ফেলিয়া নাড়িতে থাক। টুকুবাটি গলিয়া গেলে আর এক টুকুবা ফেল। এইভাবে পৰীক্ষা করিলে দেখিবে যে এক সময় গ্লাসের চতুর্দিকে ধোঁয়াব মত শিশিব জমিয়াছে। যে মুহূর্তে শিশিব জমিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এইবার বরফ দেওয়া বন্ধ করিয়া জল নাড়িতে থাক। পৰিপার্শ্ব হইতে তাপ গ্রহণ করিয়া গ্লাস ধীরে ধীরে গরম হইবে। যে মুহূর্তে শিশির অদৃশ্য হইবে তখনকার তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রাব গড় মোটামুটি ঐ সময়কার শিশিবান্ধের সমান।

৬৬ আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Humidity and Relative humidity) :

বায়ুতে কি পৰিমাণ জলীয় বাষ্প আছে বায়ুর আর্দ্রতা তাহাই বুঝায়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা বায়ুর সংপূর্ণতাব মাত্রা (degree of saturation) প্রকাশ করে। কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পৰিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে যে পৰিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন এই দুই-এব অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। সুতরাং,

আঃ আর্দ্রতা

= $\frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপূর্ণ করিতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর}}$
যেহেতু জলীয় বাষ্পের ভর উহাব চাপের সমানুপাতিক, সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে নিম্নলিখিত উপায়েও বলা যাইতে পারে :

আঃ আর্দ্রতা = $\frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় সংপূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপ}}$

তাহাড়া আমরা জানি, যে-কোন তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প থাকে শিশিবাঙ্কে উক্ত বায়ু ঐ জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান। সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপরোক্ত অনুপাতকে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে সাধারণত বায়ুর সম্পৃক্ততার শতকরা (percentage) হিসাবে প্রকাশ করা হয়। উপরোক্ত তিনটি সম্ভাব্য যে-কোনটিকে 100 দ্বারা গুণ করিলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব মিলিবে।

6-7 দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভাব :

বায়ুগুল শুধু কি আর্দ্র এই অনুভূতি এবং তজ্জনিত আরাম বা অস্বস্তিবোধ শুধু বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। বায়ু তাপমাত্রায় উপস্থিত জলীয়-বাষ্প তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত রাখিতে পারে আবার খুব অসম্পৃক্তও রাখিতে পারে। ঐ অনুভূতি আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। এতজ্ঞাত আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার যথেষ্ট প্রভাব আছে। নিম্ন কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝানো হইল।

(ক) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা এক হলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভেদের জন্ত দুই ঘরে আবাস বোধ বিভিন্ন হয়। যে ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী সেই ঘরে বেশী কষ্ট বোধ হইবে। ইহার কারণ এই যে উক্ত ঘরের বায়ুতে বেশী পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকায় আমাদের দেহ হইতে ঘাম বাষ্পীভূত হইবার সুযোগ পায় না। ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইলে দেহ শীতল হয় এবং অ বাস বোধ হয়।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে যে কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার শিশিবাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার কি পরিবর্তন হইবে? তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিবাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে, কারণ শিশিবাঙ্ক বলিতে আমরা বুঝি যে তাপমাত্রায় ঘরের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পচাপ সম্পৃক্ত বাষ্প-চাপের সমান হয়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্পৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায়

সেই হেঁচু শিশিরাকের বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি হওয়ায় দ্রবন আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইবে। আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, বর্ধিত তাপমাত্রায় বায়ুক সম্পৃক্ত করিবার জন্ত বেশী পরিমাণ জলীয়-বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপবোক্ত অনুপাতের হব (denominator) বৃদ্ধি পাইতেছে, কিন্তু লব (numerator) ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা কনিষা যাইবে।

(খ) ভিজা কাপড় বর্ষাকালের চাইতে শীতকালে দ্রুত শুকায় যদিও শীতকালে তাপমাত্রা অনেক কম থাকে। ইহাব কাবণ আপেক্ষিক আর্দ্রতা। শীতকালে আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকায় অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকায় ভিজা কাপড় হইতে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবার সুযোগ পায়। বর্ষাকালে তাহা হয় না, কাবণ বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ খুব বাড়িয়া যায়।

(গ) শীতকালে গায়েব চামড়া, চোট প্রভৃতি ফাটিয়া যায়। ইহাব কাবণ শীতকালের নিম্ন আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

(ঘ) পূর্বী এবং দিল্লীতে কোন দিন একই তাপমাত্রা থাকিলেও পূর্বী অপেক্ষা দিল্লী অনেক আবামগ্রদ মনে হইবে। সমুদ্রের কাছে বলিয়া পুরীর বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা অনেক বেশী। সুতরাং পূর্বীতে গায়েব ঘাম দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে পাবে না এবং তাহাব ফলে অস্বস্তি বোধ হয়।

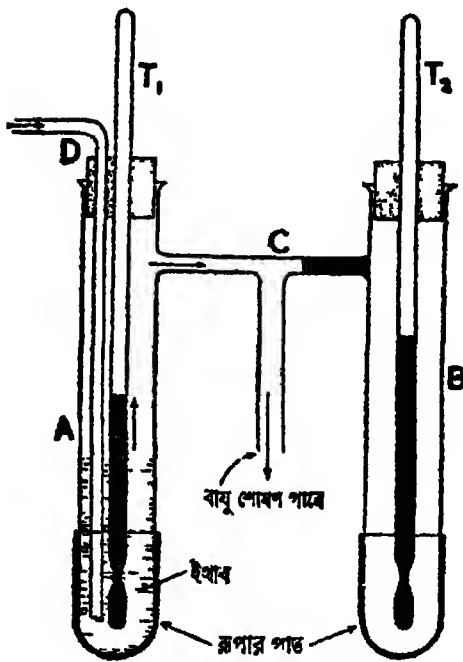
প্রতি দিনেব আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাকাবে জ্ঞানিবাব প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50-60% হইলে আমবা বিশেষ অস্বস্তি অনুভব কবি না। উহাব বেশী হইলেই দেকু ঘাম হয় এবং আমবা অস্বস্তি অনুভব করি। আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য আবহাওয়া অফিস আপেক্ষিক আর্দ্রতাব হিসাব বাধে এবং বেতার ও সংবাদপত্রে উহা ঘোষণা কবে। কার্পাস প্রভৃতি কয়েকটি শিল্পে বায়ুর আর্দ্রতাব জ্ঞান থাকা প্রয়োজন কাবণ দেখা গিয়াছে যে আর্দ্র বায়ু ঐ সবল বস্ত্রশিল্পে সহায়তা কবে। কতগুলি বোঁগের জীবাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে বলিয়া স্বাস্থ্য বিভাগ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতাব হিসাব রাখে। নিবাপদে বিমান চালনার জন্ত বিমান চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়াইয়া

বাইতে হয়; এইজন্য বিমান চালনার জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার জ্ঞান বিশেষ প্রয়োজন।

6-8. Regnault's হাইগ্রোমিটার :

যে যন্ত্রের দ্বারা কোন সময়ের শিশিরাঙ্ক ও তাহা হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যায় তাহাকে হাইগ্রোমিটার বলে। নানাবকমের হাইগ্রোমিটার আছে। ইহাদের মধ্যে Regnault's হাইগ্রোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

A এবং B দুইটি মোটা কাচের টেস্ট টিউব C-নল দ্বারা সংযুক্ত (6খ নং চিত্র)। টেস্ট টিউব দুইটির তলাব খানিকটা অংশ পাতলা রূপার



Regnault's হাইগ্রোমিটার
চিত্র 6খ

চক্চকে পাত দিয়া তৈয়াবী। T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার। A-নলের কিছু অংশ ইথাব দ্বারা পূর্ণ, কিন্তু B-নলে কোন তরল নাই। হাওয়া চুকিবাব জন্য A-নলে একটি বাকানো সরু কাচনল-D ইথাবে ডুবানো থাকে। সংযোগকাবী C-নল হইতে আব একটি নল ববাব টিউবেব সাহায্যে একটি বায়ুশোষণ পাত্রের (aspirator) সহিত সংযুক্ত। C নলের যে-অংশ B-টেস্ট টিউবেব সহিত যুক্ত তাহা সম্পূর্ণরূপে বন্ধ এবং ঐ পথে B-নলে কোন বায়ু প্রবেশ করিতে পাবে না।

এখন, বায়ুশোষণ পাত্রের (ইহা আর কিছুই নয়—একটি প্যাচকলযুক্ত জলাধার) প্যাচকল খুলিয়া দিলে জল বাহিব হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ু টানিয়া লইবে) দ্বারা A-নলের বায়ু টানিয়া লইলে বাহিব হইতে বায়ু বাকানো কাচনল-D-এব সাহায্যে ইথাবেব ভিতব দিয়া A-নলে প্রবেশ করিবে। ইহার ফলে ইথাব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং শৈত্যের সৃষ্টি করিবে। স্মরণ্যঃ A-নলের রূপার অংশ দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে এবং ইথাব সংস্পর্শে যে-বায়ু আছে তাহাও ঠাণ্ডা হইবে। ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবাব ফলে বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প আছে তাহা শিশিরবিন্দুরূপে রূপার উপর জমিবে এবং A-নলের রূপার

উজ্জলন্তী A-নলের চাইতে কম দেখাইবে। সেই সময়ে T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা দেখ। এইবার বায়ুশোধন স্বল্প বন্ধ কর। A-নল ধীরে ধীরে গরম হইবে এবং শিশির অদৃশ্য হইবে। সেই সময় পুনরায় T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় লইলে তখনকার শিশিরাক পাওয়া যাইবে। ডানদিকে B-নলে কোন তবল না থাকায় ইহার কপাব অংশ সর্বদা চক্চকে থাকে। ফলে ইহাব সহিত তুলনামূলকভাবে A-নলকে পরীক্ষা কবিবাব সুবিধা হয়। তাছাড়া T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘবের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

ধবা ষাউব, শিশিরাক $t^\circ C$ এবং T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘবের যে তাপমাত্রা পাওয়া গেল তাহা $T^\circ C$. Regnault কর্তৃক নির্মিত সম্পূর্ণ জলীয় বাষ্পের চাপের (saturation vapour-pressure) তালিকা হইতে $t^\circ C$ এবং $T^\circ C$ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ নিগয় কর। ধব, উহাবা যথাক্রমে f এবং F . অতএব,

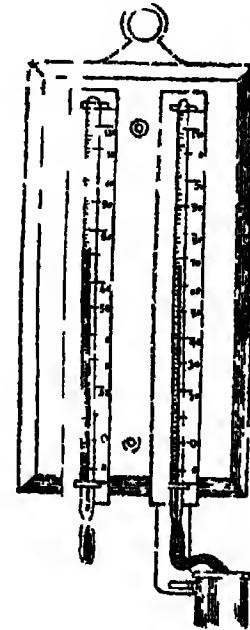
$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{t^\circ C \text{ তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ বাষ্পের চাপ}}{T^\circ C \text{ " " " " " "}} \times 100\%$$

$$= \frac{f}{F} \times 100 \%$$

6-9. আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার (Wet and dry bulb hygrometer):

এই হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে দ্রুত মোটামুটি ধাবণা করা যাইতে পারে এবং নির্ভুল পরিমাপও করা যাইতে পারে।

৬ নং চিত্রে এই হাইগ্রোমিটারের ছবি দেখানো হইল। দুইটি থার্মোমিটার পাশাপাশি একটি ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে। ডান দিকে থার্মোমিটারের কুণ্ড একখণ্ড মসলীন দ্বারা আবৃত রাখা হয় এবং মসলীনের এক প্রান্ত একটি পাত্রস্থিত জলে ডুবানো থাকে। জল মসলীন বাহিয়া উঠিয়া থার্মোমিটার কুণ্ডকে সর্বদা ভিজা রাখে। সুতরাং ইহাকে আর্দ্রকুণ্ড বলা যাইতে পারে। বাঁ দিকে থার্মোমিটার সর্বদা শুষ্ক থাকায় ইহাকে শুষ্ক কুণ্ড বলা হয় এবং এই থার্মোমিটার হইতে ঘবের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।



আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড
হাইগ্রোমিটার
চিত্র ৬ নং

আর্দ্রকুণ্ডের মসলীন হইতে জল সর্বদা বাষ্পে পরিণত হইবে এবং ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর ইহার দ্রুততা নির্ভর করিবে। জল বাষ্পে পরিণত হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ থার্মোমিটার কুণ্ড হইতে গ্রহণ করিবে এবং তাহার ফলে ঐ থার্মোমিটারের পাঠ বা দিকের থার্মোমিটার হইতে কম হইবে।

যদি কোন সময়ে দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য দেখা যায় তবে বুঝিতে হইবে যে তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব কম অর্থাৎ বায়ু খুব শুষ্ক। কারণ বায়ু শুষ্ক থাকিলে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং আর্দ্র কুণ্ড খুব বেশী ঠাণ্ডা হইবে। আর যদি দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য না থাকে তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশী অর্থাৎ বায়ুতে যথেষ্ট জলীয় বাষ্প বর্তমান, কারণ ঐ অবস্থায় জল মোটেই বাষ্পীভূত হইবে না। সুতরাং আর্দ্রকুণ্ড বিশেষ ঠাণ্ডা হইবে না। এইভাবে দুই থার্মোমিটার পাঠ লক্ষ্য করিয়া তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। তাছাড়া আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড তালিকা (wet and dry bulb table) নামক একটি তালিকার সাহায্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ভুলভাবেও নির্ণয় করা যায়। এই যন্ত্র আবহাওয়া অফিসে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়।

জলীয় বাষ্পের চাপের তালিকা

[রেনোর তালিকা]

[চাপ মিলিমিটারে পাঠে এবং তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হইয়াছে।]

তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ
0°	4.6	11°	9.8	22°	19.6
1°	4.9	12°	10.1	23°	20.9
2°	5.3	13°	11.1	24°	22.2
3°	5.7	14°	11.9	25°	23.5
4°	6.1	15°	12.7	26°	25.0
5°	6.5	16°	13.5	27°	26.5
6°	7.0	17°	14.4	28°	28.1
7°	7.5	18°	15.3	29°	29.9
8°	8.0	19°	16.3	30°	31.5
9°	8.5	20°	17.4	35°	41.8
10°	9.1	21°	18.5	40°	54.9

[The dew-point and the temperature on a certain day were respectively 12°C and 16.5°C . The saturation vapour pressures at 12°C , 16°C and 17°C are respectively 1.046 cm. 1.364 cm. and 1.442 cm. What is the relative humidity on that day ?]

উ। 16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 1.364 cm.

17°C " " " " " = 1.442 "

সুতরাং, 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে চাপ বৃদ্ধি = $1.442 - 1.364 = 0.078$ cm

5°C " " " " = 0.078×5 cm.

= 0.390 cm

সুতরাং, 16.5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = $1.364 + 0.390$

= 1.403 cm

আপেক্ষিক আর্দ্রতা = $\frac{\text{শিথিবাক্ষে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{যেবেব তাপমাত্রায় " " "}} \times 100\%$

$$= \frac{1.046}{1.403} \times 100\% = 74.5 \quad (\text{প্রায়})$$

(4) কোনও সময় তাপমাত্রা 15°C এবং শিথিবাক্ষে 8°C যদি তাপমাত্রা কমিয়া 10°C হয় তবে শিথিবাক্ষে পরিবর্তিত হওয়া বস্তু হইবে 7°C এবং 8°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7.49 mm এবং 8.02 mm.

[The temperature at a time is 15°C and the dew-point is 8°C . If the temperature fall to 10°C , how will be the dew-point modified? The saturation vapour pressures at 7°C and 8°C are respectively 7.49 and 8.02 mm.]

উ। বায়ু অসম্পৃক্ত হওয়ায় চালসেব স্রব মানিয়া চলিবে,

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ বা } \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{10^{\circ}\text{C এ বায়ু চাপ}}{15^{\circ}\text{C "}} = \frac{10 + 273}{15 + 273} = \frac{283}{288}$$

কিন্তু 15°C -এ বায়ু চাপ = 8°C (শিথিবাক্ষে)-এ সম্পৃক্ত বায়ু চাপের সমান

= 8.02 mm

$$10^{\circ}\text{C এ বায়ু চাপ} = \frac{283}{288} \times 8.02 = 7.88 \text{ mm (প্রায়)}$$

এখন নির্ণয় করিতে হইবে যে কোন্ তাপমাত্রায় 7.88 mm. চাপ হইবে 'সংপূর্ণ বায়ুচাপের সমান। তাহা হইলে ঐ তাপমাত্রাই হইবে নতুন শিশিরাঙ্ক।

এখন দেখা যাইতেছে যে 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে চাপ পরিবর্তন $= (8.02 - 7.49) = 0.53 \text{ mm.}$, সুতরাং $(8.02 - 7.88) = 0.14 \text{ mm.}$ চাপ পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপমাত্রার পরিবর্তন

$$= \frac{0.14}{0.53} = \frac{1}{4}^{\circ}\text{C} \text{ (প্রায়)}$$

কাজেই, 10°C তাপমাত্রায় শিশিরাঙ্ক $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ কমিয়া যাইবে অর্থাৎ $(8 - \frac{1}{4}) = 7\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ হইবে।

6 10. বায়ুগুণলব্ধিত জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন (Condensation of water-vapour present in atmosphere):

নানাকারণে এবং নানা অবস্থায় বায়ুগুণেব জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ প্রভৃতি বস্তু হয়।

শিশির (Dews); কুয়াশা (Fog) ও কুহেলিকা (Mist):

বাত্মবৈরাগ্য ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করিয়া ঠাণ্ডা হয়। এত বিকীর্ণ তাপ বায়ু-গুণ ভেদ করিয়া গেলেও বায়ুগুণ স্তরান্তে উৎপন্ন হয় না। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ভূ-পৃষ্ঠের সচিৎ ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। যখন বায়ু ঠাণ্ডা হইতে হইতে শিশিরাঙ্কে পৌঁছায় তখন বায়ুর তাপমাত্রা আন একটু কমিলেই বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ডলকণার আকারে ঘাস, পাশা প্রভৃতির উপর জমা হয়। ইহা হইতে শিশির বলা হয়। এবং কালে ভোববেলা গাছের পাতা ও ঘাসে ঘেঁষে শিশির জমা হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত অবস্থাগুলি প্রচুর পরিমাণ শিশির জমিবার সহায়তা করে:

(1) মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ—আকাশে মেঘ না থাকিলে বিকীর্ণণের দরুন ভূ-পৃষ্ঠ দ্রুত ঠাণ্ডা হইতে পারে। বিকীর্ণ তাপ মেঘ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া পুনর্বার ভূ-পৃষ্ঠে ফিবিয়া আসিবার সম্ভাবনা থাকে না। তাই মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ শিশির জমিবার পক্ষে সহায়ক।

(2) কম বায়ু চলাচল—বায়ু চলাচল কম থাকিলে, কোন ঠাণ্ডা বস্তু সংস্পর্শে বায়ু বৈশীর্ণণ থাকিতে পারে। তাহাতে বায়ুগুণ ঠাণ্ডা হইয়া শিশিরাঙ্কে পৌঁছিবাব সুবিধা হয় এবং শিশির জমিবার সহায়তা করে।

(3) বায়ুগুণে প্রচুর জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি—বায়ুগুণেব প্রাথমিক আর্দ্রতা খুব বেশী থাকিলে, অল্প ঠাণ্ডা হইবার ফলেই শিশির জমিতে পারে।

(4) তাপের ভাল বিকিরক এবং কুপরিবাহী বস্তুর সান্নিধ্য—এ ধরনের বস্তু দ্রুত তাপ ত্যাগ কবিতা ঠাণ্ডা হইতে পারে এবং বায়ুকে শিশিবাঙ্কে পৌছাইয়া দিতে পারে। ঐ বস্তুগুলি ভূ-পৃষ্ঠের নিকটবর্তী হওয়া প্রয়োজন কারণ উচুতে থাকিলে বায়ু ঠাণ্ডা হইয়া ভাবী হইবে এবং নীচে চলিয়া যাইবে এবং উপর হইতে অপেক্ষাকৃত গুরু ও হালকা বায়ু ঐ স্থান অধিকার কবিবে। ফলে বায়ু চলাচলের সৃষ্টি হইয়া শিশির জমিবাব বিষ ঘটাউবে। এই কাবণে বড় গাছেব পাতায় শিশির না জমিয়া ঘাসে বা বচুর পাতা ইত্যাদিতে শিশির জমিতে দেখা যায়।

যদি কোন কাবণে বায়ুমণ্ডলের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া শিশিবাঙ্কের নীচে নামিয়া আসে তবে উক্ত বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণার আকারে বায়ুমণ্ডলে ভাসমান থাকে, কখনো খুঁড় প্রভৃতি আশ্রয় করিয়া ভাসিত থাকে। ইহাকেই কুয়াশা বা কুহেলিকা বলে। সাধারণত ভিড় মাটির তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী হইলে এককণ কুয়াশার সৃষ্টি হয়। শীতকালে প্রায়ই সকালে কুয়াশা দোখতে পাওয়া যায়। এ সময়ও কুয়াশা স্তরের উপর এবং বুকেলিয়া চলেব উল্লব সৃষ্টি হয়। ভূপৃষ্ঠে দিকে কুয়াশা শেষ হইয়া বাব বাবণ পান্সাত্রা হুঁদিক বলে ভাবনা প্রাণ-বাসী হই এবং বায়ু গুল অসংপৃক্ত হইয়া পড়ে।

মেঘ ও বৃষ্টি (Clouds and rains) :

জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু কোন কাবণে হালক হইয়া যখন উবে উঠে তখন সেখানে চাপ-হ্রাসের দরুন হ্রাস আয়তনের বিস্তারিত হয়। এক্ষণে ইহা ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। একভাবে ঠাণ্ডা হইবাব ফলে ঘন বায়ু তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কের নীচে নামিয়া যায় তখন হ্রাব জলীয় বাষ্প ভাসমান ধূলিকণার আশ্রয় বদি জলবিন্দু আকারে লাসতে থাকে। উহাকেই আমবা মেঘ বলি। সুতরাং কুয়াশা ও মেঘের মিতব কাযত কোন ওফার নাই। কুয়াশা নিম্নস্তবে সৃষ্টি হয় এবং মেঘ উচ্চস্তবে সৃষ্টি হয়।

যখন মেঘের জলকণাগুলি ভাসিতে ভাসিতে পবস্পব সংযুক্ত হইয়া বড় বড় বিন্দুতে পবিলিত হয় তখন উহার নীচের দিকে পড়িতে শুরু করে। এই সময় যদি জলবিন্দুগুলি কোন শুষ্ক ও উষ্ণ বায়ু স্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসব হয় তবে পুনরায় বাষ্পীভূত হইয়া উপরের দিকে চলিয়া যায়। আর যদি আর্দ্র বায়ুস্তরের

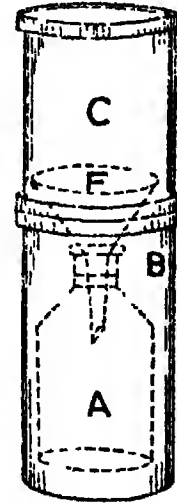
ভিত্তিক দিয়া স্রোতের হয় তবে আর বাষ্পীভূত হয় না; বরং বিন্দুগুলি আকারে বৃষ্টি পায় এবং যথেষ্ট ভারী হয়। তখন উহা বৃষ্টির আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পড়ে।

মেঘের জলবিন্দুগুলি অনবরত এক ভাঙ্গা-গড়ার প্রণালীর ভিত্তর দিয়া চলে। কখনও বা কতগুলি বিন্দু মিলিয়া বড় বিন্দু হইয়া পড়ে, আবার কখনও বা বড় বিন্দু ভাঙ্গিয়া ছোট ছোট বিন্দুতে পরিণত হয়। একটি বিন্দু যখনই ভাঙ্গিয়া যায় তখনই উহাব তড়িতাধানের পৃথকীকরণ হয়। বজ্রবিদ্যুৎপূর্ণ ঝড়বৃষ্টিতে বিদ্যুতের উপস্থিতির সম্ভবত ইহাই একটি প্রধান উৎস। তাই বজ্র-বিদ্যুতের পরই প্রবল বারিপাত হইতে দেখা যায়।

বারিপাতমাপক যন্ত্র (Rain gauge) :

কোন দিন বৃষ্টিপাত হইলে পরের দিন সংবাদপত্রে তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে আবহাওয়া সংবাদে লেখা আছে গতকলা 'কয়েক ইঞ্চি বারিপাত হইয়াছে'। এই বরনের বারিপাত বিষয়ক সংবাদ আবহাওয়া অফিস হইতে সংবাদপত্রে এবং বেতারে প্রচার করা হয়। বারিপাত মাপিবার জন্ত যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহা ৫৬ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

৫৬-এক কাচের চুড়ি বা ফানেল। ইহাব মুণ্ডের বাস পাচ বা আট ইঞ্চির সমান। ইহা একটি কাচের বোতল-A-এর মুখে বসানো। ফানেলের মুখে যে-বৃষ্টির জল পড়িবে তাহা A-বোতলে জমা হইবে। আবার লাগিয়া বোতলটি যাহাতে ভাঙ্গিয়া না যাইতে পারে এইজন্ত উহাকে একটি ভামার পাএ B-এর মধ্যে বসানো হয়। ফানেলের উপর বৃষ্টির জল পড়িবা যাহাতে ছটকাইয়া বাহিবে না পড়িতে পারে এইজন্ত B-পাএর উপর আর একটি পাএ C রাখা থাকে। C-পাএর উপরের মুখেব কান্না খুব ক্ষুদ্রাকার স্তম্ভাকার মাপা নির্ভুল হয়। বারিপাত মাপিবার সময় যন্ত্রটিকে উন্মুক্ত স্থানে এমনভাবে রাখা হয় যে মাটি হইলে C-পাএর উপরের মুখের উচ্চতা প্রায় এক ফুট পরিমাণ হয়। বৃষ্টির জল ফানেলের মুখে পড়িয়া A-পাএ জমা হয়। A-পাএর গায়ে ইঞ্চি-মাগ কাটা থাকে। তাহা হইতে সরাসরি বোঝা যায় যে কত ইঞ্চি বারিপাত হইল। যেমন 'দুই ইঞ্চি বারিপাত হইল' এই উক্তি হইতে বোঝা যায় বৃষ্টির জলকে ফানেলের সমান বাসবিশিষ্ট কোন চোঙে রাখিলে উহার উচ্চতা দুই ইঞ্চি হইবে।



বারিপাতমাপক যন্ত্র
চিত্র ৫৬

প্রসঙ্গ উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আসাম প্রদেশের চেরাপুঞ্জি নামক স্থানে পৃথিবীর ভিতর সর্বাপেক্ষা বেশী বারিপাত হয়। চেরাপুঞ্জিতে বারিপাতের পরিমাণ বৎসরে প্রায় 500 ইঞ্চি।

তুষার ও শিলা (Snow and hails) :

খুব ঠাণ্ডার ফলে বায়ুর জলীয় বাষ্প বরফে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ভাসিতে থাকে এবং বৃষ্টির আকারে ঝিঝি ঝিঝি করিয়া ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়। ইহাকে তুষারপাত বলে। মেরুপ্রান্তে প্রায়ই এবং শীতকালে পাহাড়ী জায়গায় তুষাবপাত হইয়া থাকে।

যদি বৃষ্টির ফোঁটা পড়িবার সময় উহা কোথাও খুব ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে আসে তবে ফোঁটাগুলি জমিয়া বরফের টুকরাতে পরিণত হয় এবং টুকরাগুলি বৃষ্টির আকারে পড়িতে থাকে। ইহাকেই শিলাবৃষ্টি বলে। শিলা ছোট-বড় নানা আকারে দেখিতে পাওয়া যায়।

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির ফলে মেঘ, কুয়াশা প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনার সৃষ্টি হয়।

শিশিরাক : যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাক বলা হয়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করিতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন—এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

বায়ুমণ্ডল শুষ্ক কি আর্দ্র এই 'সুদৃষ্টি এবং তাহার ফলে আরাম ও অস্বস্তিবোধ বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের জন্য দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহার করা যাইতে পারে। যথা :

(1) Regnault's হাইগ্রোমিটার ও (2) শুষ্ক ও আর্দ্র কুণ্ড হাইগ্রোমিটার।

নানাকারণে তাপমাত্রা কমিয়া গেলে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ, বৃষ্টি প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

প্রশ্নাবলী

1. সঞ্চিত ও অসঞ্চিত বাষ্পের ভিতর পার্থক্য কি? যথেষ্ট তাপমাত্রায় জলীয় টান নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Distinguish between saturated and unsaturated vapours. Devise a simple experiment by which the aqueous tension at room temperature may be determined.] [H. S. Exam., 1961]

2. শিশিবাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা বুঝাইয়া দাও।

[Explain the terms 'dew-point' and 'relative humidity'.] [P. U. 1962]

3. শিশিবাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা নির্ণয়ের পর ইহা কি কাজে লাগে? বায়ুর তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কের সমান হইলে বায়ুশুলেব অবস্থা কিরূপ হয়? কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা (i) শিশিবাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর কি প্রভাব বিস্তার করিবে?

[Define 'Dew point'. Of what use is it when it has been found? What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room.] [H. S. Exam. 1960]

4. হাইগ্রোমিটার কাকে বলে? ইহা দ্বারা কি নির্ণয় করা হয়? Regnault-এব হাইগ্রোমিটার বর্ণনা কর ও ইহার কাষপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[What is a hygrometer? What does it determine? Describe and explain the action of a Regnault's hygrometer.]

[cf. P. U. 1962; H. S. (comp) 1962]

5. বায়ুর আর্দ্রতা বলিতে কি বোঝায়? এমন একটি যন্ত্র বর্ণনা কর যাহা দ্বারা বায়ুর আর্দ্রতা মাপা যায়। তোমার বর্ণিত যন্ত্রেব একটি স্তম্ভের নকশা আঁক।

[What is 'hygrometric state' of air? Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of air may be determined. Draw a neat sketch of the apparatus.] [H. S. (comp.) 1961 '63]

6. আর্দ্র ও শুষ্ক বুল্ব হাইগ্রোমিটারে, আর্দ্রবুল্ব থার্মোমিটারেব পাঠ শুষ্ক বুল্ব থার্মোমিটার হইতে ভিন্ন হয় কেন? কোন অবস্থায় দুই থার্মোমিটারেব পাঠ সমান হইবে? এ হাইগ্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক আর্দ্রতা কিরূপে নির্ণয় করা হয়?

[In a wet and dry bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer? In what circumstances would both readings be the same? How is such a hygrometer used for determining relative humidity?] [H. S. Exam 1964]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ:—

(ক) বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাব যদিও শীতকালে তাপমাত্রা কম। কেন? (খ) একটি কাচের পাত্রে বরফ-জল ঢালিলে কাচের বাহিরের গায়ে জলবিন্দু জমা হয় কেন? (গ) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা 24°C . একটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা

৪০ % ; এবং অন্তর্গতে ৪০ % ; কোন বয় বৈধি আবাসদায়ক হইবে ? (ঘ) পূরী ও দিল্লীতে কোন দিনে ভাপমাত্রা সমান থাকিলেও পূরী অপেক্ষা দিল্লী বেশী আবাসপ্রদ মনে হব কেন ? (ঙ) সীডেব সকালে কোন কাচের উপর মুখ দিয়া ফুঁ দিলে, কাচটি আবহা হইবা বাব কেন ?

{ Answer the following questions :—

(a) Wet clothes are usually seen to dry sooner in the cold weather than in the rainy season though the temperature in the latter case is higher. Why? [H S (comp) 1960]

(b) Why does a glass tumbler 'cloud over' on the outside when ice cold water is poured into it? [11 S (comp) 1961]

(c) The temperature of two rooms is 24°C . The relative humidity of one is 80% and that of the other 60% . In which room would you feel more comfortable?

(d) A hot day at Puri causes greater discomfort than an equally hot day in Delhi. Why?]

(e) Piece of glass is dimmed when you blow on it with your mouth on a winter morning. Why?]

৪ একটি খানে গিটার কণ্ড তুলে ছ মুদ্রিয়া এই দু'টি বসন্তক (i) ভাল (ii) ইখাব
(iii) বে ন গল দিয়া ভিত্ত না হুও । তা না টোবন ও ঠিক করবেন পরিসরতন করে
এবং বে ন ?

[The bulb of a thermometer is wrapped round with cotton which is wetted in turn with (i) water (ii) ether (iii) an oil. How will the readings differ and why ?]

9. কঠিন অবস্থানৰ ডাঙৰত 10°C বৰ্দ্ধিৰ ক্ষেত্ৰত 15°C উষ্ণতাৰ পৰা 30°C লৈকে
জলীয়-বায়ুৰ চাপৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব 815 mm বৰ্ষাৰ 127 mm হ'ব। এই পৰিৱৰ্তনৰ ফলত
আৰ্দ্ৰতা ক'ত?

[On a certain day when the temperature of the air was 80°C the dew-point was found to be 15°C . The saturation vapour pressures at those temperatures were respectively 615 mm and 127 mm. What was the relative humidity at that time ?] [Ans 40.8]

10 উপবোধিত প্রাণে -দি শিখি বসন্ত 15°C-এব পরিবর্তে 20°C হয় ত ব আপেক্ষিক অ দ্রুত।
বৃদ্ধি পাইবে না হ এ পাইবে ।

[If the dew-point in the above example were 20°C instead of 15°C , will the relative humidity increase or decrease ?]

11 কোনও নির্দিষ্ট দিনে শিশিরাক 15°C এবং সন্ধ্যা তাপমাত্রা 81°C 15°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ 12.8 mm হইল বায়ুত উপস্থিত জলীয়-বাষ্প চাপ কত ?

[The dew-point on a particular day was 15°C while the temperature of air was 31°C . If the saturation vapour pressure at 15°C is 12.8 mm, what is the pressure of the vapour present in the air?] [Ans. 12.8 mm]

12. কোন দিন বায়ুর তাপমাত্রা 18.5°C এবং শিশিরাক 12°C , 18°C , 19°C এবং 12°C তাপমাত্রায় জলীয় টান যথাক্রমে 15.46, 15.86 এবং 10.46 mm. হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[On a certain day, the temperature of the air is 18.5°C and the dew-point is 12°C . Find the relative humidity. The aqueous tensions at 18°C , 19°C and 12°C are 15.46, 15.86 and 10.46 mm. of mercury respectively.]

[H. S. (comp) 1962] [Ans. 66.7 %]

18. শিশিরাক 20.4°C এবং ঘরের তাপমাত্রা 27.9°C হইলে নিম্নলিখিত সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর :

তাপমাত্রা	জলীয় বাষ্পের চাপ
20°C ...	17.54 mm
21°C ...	18.65 ..
27°C ...	26.75 ..
28°C ...	28.36 ..

[The dew-point is 20.4°C and the room temperature is 27.9°C . From the following table of saturation vapour pressure calculate the relative humidity :—

Temp.	Sat. vapour pressure
20°C ...	17.54 mm.
21°C ...	18.65 ..
27°C ...	26.75 ..
28°C ...	28.36 ..] [Ans. 66.7 % প্রায়

11. শিশির কাতাকে বল ? উহা কি উৎপত্তি কিরূপে হয় ? কোন কোন বস্তুতে উপর শিশির বেশী জমে কেন ? কি কি কারণে বেশী শিশির জমিবার সুবিধা হয় ?

[What is dew ? How is it caused ? Why is dew deposited more on some substances than others ? What factors lead to copious deposition of dews ?]

15. কোন তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্পচাপ প্রদান করিতে সক্ষম তাহা প্রদর্শন করাইবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 80 mm.—এই বাক্যের ব্যাখ্যা কর।

[Describe an experiment to show that vapour coming out of a liquid is capable of exerting pressure. Vapour pressure of a liquid at 25°C is 80 mm.—explain the statement.]

সপ্তম পরিচ্ছেদ

তাপ সঞ্চালন [Transmission of heat]

৭*

7-1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different ways of transmission of heat) :

একস্থান হইতে অন্যস্থানে তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি আছে। যথা :

- (1) পরিবহণ (Conduction), (2) পরিচলন (Convection) ও
- (3) বিকিরণ (Radiation)।

পরিবহণ : একটি লোহার দণ্ডেব একপ্রান্তে আগুনে ধরিলে কিছু সময় পরে অন্য প্রান্তে গরম হইয়া পড়ে। এস্থলে দণ্ডের ভিতর দিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্যপ্রান্তে তাপ সঞ্চালিত হইল কিন্তু দণ্ডের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলি তাপ বহন করিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে গেল না। তাহা যদি হইত তবে যে প্রান্ত আগুনে ধরা আছে উহা সরু হইয়া যাইত এবং অপর প্রান্ত মোটা হইত। কিন্তু তাহা হয় না। তবে তাপ সঞ্চালন কিরূপে হইল? পদ্ধতিটি বর্ণনা করিবার পূর্বে আর একটি ঘটনা বলি।

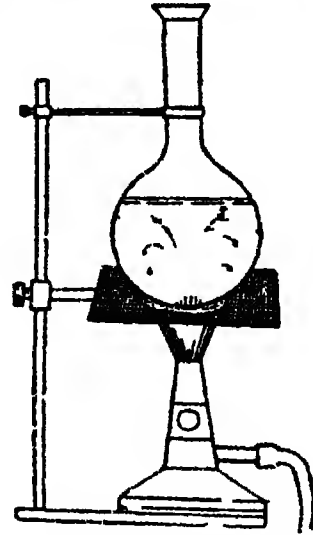
কোন বাড়ী তৈয়ারী করিবার সময় মজুরেরা ইটের গাদা হইতে ইট জমিতে কিরূপে লইয়া আসে লক্ষ্য করিয়াছ কি? মজুরেরা লাইন দিয়া দাঁড়াইয়া যায় এবং প্রথম মজুর গাদা হইতে একখানা ইট লইয়া পরের জনকে দেয়। সে আবার ইটখানি পরের মজুরকে হস্তান্তরিত করে। এইভাবে একজন হইতে অপরজনে চালিত হইয়া ইট জমিতে পৌছাইয়া যায়। কিন্তু কোন মজুরই নিজের স্থান ত্যাগ করে না। পরিবহণ প্রণালীও এইরকম।

দণ্ডের যে-প্রান্ত আগুনে ধরা হইল প্রথমে সেই প্রান্তের কণাগুলি তাপ গ্রহণ করিয়া উত্তপ্ত হইল। পরে উহা পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে সেই তাপ হস্তান্তর করিল। এই কণা আবার উত্তপ্ত হইয়া উহার পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে তাপ হস্তান্তর করিল। এইরূপে কণা হইতে কণাতে হস্তান্তরিত হইয়া অবশেষে তাপ অন্য প্রান্তে পৌছিল। এই ধরনের তাপ সঞ্চালনের পদ্ধতিকে পরিবহণ বলা হয়।

অতএব, যে-প্রণালীতে কোন জ্বরের উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে তাপ গমন করে অথচ ইহার জন্ত জ্বরের কণাগুলির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে পরিবহণ বলা হয়। সাধারণত কঠিন পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিবহণ প্রণালীতে হইয়া থাকে।

পরিচলন : এই প্রণালীতে পদার্থের উত্তপ্ত কণাগুলি নিজেয়াই উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে গমন করিয়া তাপ লইয়া যায়।

পূর্বে মজুবাদব ইট লইবার যে উপমা দেওয়া হইয়াছে তাহার সাহায্যে বলা যায় যে যদি মজুবাদব নিজেবাই প্রত্যেকে গাদা হইতে ইট লইয়া জমিতে উপস্থিত হয় তবে যে পদ্ধতিব সৃষ্টি হইবে পরিচলনও সেই বকম পদ্ধতি। সাধারণত তরল ও বায়বীয় পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিচলন প্রণালীতে হইয়া থাকে।



তাপ পরিচলন পদ্ধতি
চিত্র 7ক

পরীক্ষা : একটি কাঁচের ফ্লাস্কখানিকট জল লইয়া উহার ভিতর একটু নীল ফেনিল দাগ। এখন ফ্লাস্কটি গরম কর দেখিবে যে একটি নীল স্তম্ভের বাঁধা নীচ হইতে উপরে উঠিতেছে এবং ফ্লাস্কের গা বাহিয়া একটি

সাদা জলের ধারা উপর হইতে নীচে নামিতেছে ইহা বর্ণনা এই যে ওলাব নীল জল উত্তপ্ত হইয়া হাল্কা হয় এবং উপরেব দিকে ঝুটে এবং উপরেব ঠাণ্ডা ও ভারী জল নীচে চলিয়া আসে (7ক নং চিত্র)। এতদ্বারা দুইটি জলস্ত্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে অবশ্য সমস্ত জল সমভাবে উত্তপ্ত হইয়া পড়িবে। এস্থলে উত্তপ্ত জলের কণাগুলি নীচ হইতে উপরে উঠিয়া তাপ সঞ্চালন করিল। এই পদ্ধতিতে তাপের পরিচলন বলে।

বিকিরণ : এই প্রণালীতে কোন জড় মাধ্যমের (material medium) সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উত্তপ্ত না করিয়া তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়।

আমরা সূর্য হইতে তাপ পাই। কিন্তু সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বোম্বার ভাগ স্থান শূন্য। কাজেই সূর্য-তাপ পৃথিবীতে পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে আসিতে পারে না কারণ উভয়ক্ষেত্রেই জড় মাধ্যমের প্রয়োজন। উপরন্তু

সূর্য-তাপ পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ভেদ্য করিয়া আসিলেও বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডাই থাকে।

কারণ যত উষ্ণে আরোহণ করা যায় বায়ুমণ্ডল তত শীতল, ইহা আমাদের সকলের জ্ঞান আছে।) সুতরাং পৃথিবীতে সূর্য-তাপ পৌঁছবার পদ্ধতি পরিবহণ ও পরিচলন হইতে ভিন্ন। ইহা একটি সম্পূর্ণ আলাদা পদ্ধতি। এই পদ্ধতিকে বিকিরণ বলা হয়।

একটি জলস্ত উত্তনের পাশে দাঁড়াইলে আমরা গরম অনুভব করি। ইহা পরিচলন দ্বারা হইতে পারে না, কারণ পরিচলনের ফলে উত্তপ্ত হাওয়া উপরে উঠিলে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা হাওয়া উত্তনের দিকে যাইবে। সুতরাং আমাদের ঠাণ্ডা লাগাই উচিত। আবার, পরিবহণ দ্বারাও হইতে পারে না। কারণ বায়ুর পরিবহণ ক্ষমতা খুব কম। অথচ আমরা গরম অনুভব করি। যেহেতু এই তাপ সঞ্চালন পরিবহণ বা পরিচলন দ্বারা হইতেছে না, সুতরাং বিকিরণ দ্বারা হইতেছে।

তিন পদ্ধতির প্রভেদ :

(1) পরিবহণ ও পরিচলনের ক্ষেত্রে কোন ভ্রম মাধ্যমেব (কঠিন, তরল বা বায়বীয়) প্রয়োজন কিন্তু বিকিরণ ঐক্লপ কোন মাধ্যমের সাহায্য না লইয়াও হইতে পারে।

(2) পরিবহণ বা পরিচলন খুব মন্থর পদ্ধতি কিন্তু বিকিরণ অতিশয় দ্রুত পদ্ধতি। বিকিরণের দরুন যে-বেগে তাপ সঞ্চালিত হয় তাহা আলোর বেগের সমান।

(3) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সরল রেখায় সর্বদিকে চলাচল করে কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ বক্রপথে চলাচল করিতে পারে। সুতরাং তাপ নিবারণ কার্যে আমরা ছাতা খুলি। ইহা প্রমাণ করে যে সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে।

(4) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে না কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ যে-মাধ্যম অবলম্বন করিয়া চলাচল করে তাহাকে উত্তপ্ত করে।

7-2. তাপ পরিবাহিতা (Thermal conductivity) ও পরিবাহিতাঙ্ক (Co-efficient of thermal conductivity) :

তাপ পরিবহনের গুণকে পদার্থের পরিবাহিতা বলে। সব পদার্থের পরিবাহিতা এক নয়। একটি কাঠের দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে রাখিয়া অন্য প্রান্ত অনেকক্ষণ পর্যন্ত হাতে ধরিয়া রাখা যায়, কিন্তু লোহার দণ্ডের বেলাতে

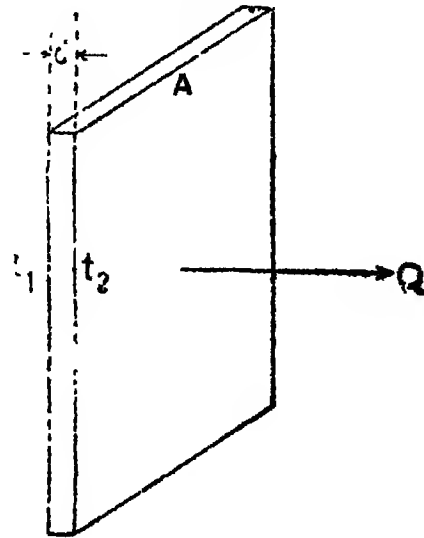
অল্পকাল পরেই সমস্ত প্রায় এক উষ্ণত্ব হইয়া উঠিবে যে ধরিয়া রাখা সম্ভব হইবে না। সুতরাং লোহা বস্তুর সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে কাঠ তাহা পারে না। এইজন্য বলা হয় লোহার পরিবাহিতা কাঠ অপেক্ষা বেশী।

যে-সমস্ত পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে তাহাদের সুপরিবাহী (good conductor) বলে এবং যে-সমস্ত পদার্থ পারে না তাহাদের কুপরিবাহী (bad conductor) বলে। প্রায় সব ধাতুই সুপরিবাহী এবং কাঠ, কাচ, কাপড়, রবার প্রভৃতি কুপরিবাহী।

পরিবাহিতাক :

কোন পদার্থ কতটা তাপের পরিবাহী তাহা পরিমাণমূলক (quantitatively) ভাবে বুঝাইবার জন্য ‘পরিবাহিতাক’ কথা ব্যবহৃত হয়। নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা হইতে পদার্থের ‘পরিবাহিতাক’ কথাটির অর্থ সুস্পষ্ট হইবে।

ধব, আমরা কোন পদার্থের একটি আয়তাকার প্লেট লইলাম। প্লেটটির ক্ষেত্রফল A , বেধ (thickness) d এবং দুই সমান্তরাল পৃষ্ঠের তাপমাত্রা t_1 এবং t_2 ($t_1 > t_2$)। এই অবস্থায় প্লেটটির উষ্ণ পৃষ্ঠ হইতে ঠাণ্ডা পৃষ্ঠের দিকে লম্বভাবে তাপ পরিবাহিত হইবে [চিত্র নং ৭খ]। যদি ধরা যায় Q পরিমাণ তাপ পরিবাহিত হইল তাহা হইলে, এই তাপ



চিত্র ৭খ

(i) ক্ষেত্রফলের (A) সমানুপাতিক, অর্থাৎ $Q \propto A$ (ii) বেধের (d) ব্যস্ত অনুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto \frac{1}{d}$, (iii) তাপমাত্রা প্রভেদের ($t_1 - t_2$) সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto (t_1 - t_2)$ এবং (iv) যে-সময় (T) ধরিয়া তাপ পরিবাহিত হইতে দেওয়া হয় তাহার সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto T$.

সুতরাং,

$$Q \propto \frac{A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d} \quad [K = \text{ধ্রুবক}]$$

একক 'K'-কে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাক (co-efficient of thermal conductivity বা সংক্ষেপে, thermal conductivity) বলা হয়।

যদি $A=1$, $(t_1-t_2)=1$, $T=1$, $d=1$ হয়, তবে $Q=K$ অর্থাৎ একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফলযুক্ত পদার্থখণ্ডের বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ একক হইলে উহাব মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে এক সেকেন্ডে ঋ-তাপ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পদার্থের পরিবাহিতাকের সমান। যেমন 'তামাব' পরিবাহিতাক 0.92 বলিতে ইহাই বুঝাইবে যে এক সেন্টিমিটার পুরু, এক বর্গ সেন্টিমিটার ক্ষেত্রফলযুক্ত তামাব খণ্ড লইয়া উহাব বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা প্রভেদ 1°C করিলে, এক সেকেন্ডে 0.92 ক্যালরি তাপ উহাব মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠ লম্বভাবে প্রবাহিত হইবে।

এই প্রসঙ্গে মনন রাখিতে হইবে যে, সি জি এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এব একক হইবে Calorie.

A , , Sq cm

d " " Cm

T- " , Second

t_1, t_2 " " Centigrade

বং এফ পি এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q এব একক হইবে B Th U

A " , Sq ft

d- " , ft

T " " Second

t_1, t_2 " " Fahrenheit

উদাহরণ :

(1) একটি লোহার প্লেটের বেধ 4 mm এবং ক্ষেত্রফল 150 sq cm উহা বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা 00°C ও 30°C এবং এক সেকেন্ডে এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে 3940 cal তাপ প্রবাহিত হয়। লোহাব পরিবাহিতাক কত ?

[An iron plate is 4 mm broad and its area is 150 sq cm The two opposite surfaces of the plate are at temperatures 100°C and 30°C and in 1 sec 3940 cal of heat flow from one surface to the other What is the thermal conductivity of iron ?]

উ। এখানে $d = 4 \text{ mm.} = .4 \text{ cm.}$; $A = 150 \text{ sq. cm.}$; $(t_1 - t_2) = 100^\circ - 30^\circ = 70^\circ \text{C}$; $Q = 3940 \text{ cal.}$; $T = 1 \text{ sec.}$; $K = ?$

$$\text{আমরা জানি, } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা, } 3940 = \frac{K \cdot 150 \times 70 \times 1}{.4}$$

$$\therefore K = \frac{3940 \times .4}{150 \times 70} = .15 \text{ C. G. S. (প্রায়)}$$

(2) একটি ঘরের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল 100 sq. metres এবং বেধ 50 cm.; ঘরের বাহিরের এবং ভিতরের তাপমাত্রা যথাক্রমে 35°C ও 25°C হইলে প্রতি সেকেন্ডে দেওয়াল ভেদ করিয়া কত তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে? [দেওয়ালের সিমেন্ট প্রভৃতির পরিবাহিতাঙ্ক = .002]

[The wall of a room is 100 sq. metres in area and 50 cm. thick. The temperatures outside and inside the room are 35°C and 25°C respectively. How much heat will flow per sec. through the wall from outside to inside? The thermal conductivity of cement etc. = .002]

$$\text{উ। আমরা জানি, } Q = \frac{K \cdot A(t_1 - t_2)T}{d}$$

এখানে $K = .002$; $A = 100 \text{ sq. metres} = 10^6 \text{ sq. cm.}$,
 $d = 50 \text{ cm.}$, $(t_1 - t_2) = 10^\circ \text{C}$, $T = 1 \text{ sec.}$

$$\text{সুতরাং } Q = \frac{.002 \times 10^6 \times 10 \times 1}{50} \text{ cal.}$$

$$= 400 \text{ cal.}$$

(3) একটি লৌহ ঘনকের (cube) ক্ষেত্রফল 4 sq. cm. এবং ইহার এক পার্শ্ব ষ্টীম ও অপর পার্শ্ব বরফের সহিত স্পর্শযুক্ত। 10 মিনিট সময়ে কতখানি বরফ গলিয়া যাইবে নির্ণয় কর। (লৌহের পরিবাহিতাঙ্ক = 0.2)।

[An iron cube having an area of 4 sq. cm. has one side in contact with steam and the opposite side with ice. Calculate the amount of ice that would melt in 10 minutes. Thermal conductivity of iron = 0.2.]

উ। ঘনকের ক্ষেত্রফল = 4 sq. cm., সুতরাং উহার বেধ = 2 cm; উহার দুই পার্শ্বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 100°C (ষ্টীম) ও 0°C (বরফ)। সুতরাং উক্ত

প্রান্ত হইতে শীতল প্রান্তে যদি Q তাপ 10 মিনিট সময়ে প্রবাহিত হয় তবে

$$\begin{aligned} Q &= \frac{K.A (t_1 - t_2) T}{d} \\ &= \frac{0.2 \times 4 \times 100 \times 10 \times 60}{2} \\ &= 24000 \text{ cal} \end{aligned}$$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিবাব জন্য 80 cal তাপ প্রয়োজন।
সুতরাং উপরোক্ত তাপে যে-বরফ গলিবে তাহার পরিমাণ $= \frac{24000}{80}$
 $= 300 \text{ gms}$

(4) একটি ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য 10 cm এবং উহাকে 0°C তাপমাত্রার বরফ দিয়া ভর্তি করিয়া 100°C তাপমাত্রার জলের ভিতর সম্পূর্ণ নিমজ্জিত করা হইল। সব বরফ গলিতে কত সময় লাগিবে নির্ণয় করা।
ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্ব 0.2 cm পুরু এবং উহার উপাদানের পরিবাহিতাঙ্ক $= 0.2 \text{ C.G.S unit}$ এবং ঘনত্ব $= 0.92 \text{ gm/cc}$

[A cubical vessel of 10 cms side is filled with ice at 0°C and is immersed in a water bath at 100°C . Find the time in which all ice will melt. Thickness of the vessel 0.2 cm, thermal conductivity of its material $= 0.2 \text{ C.G.S unit}$ and density of ice $= 0.92 \text{ gm/cc}$]

উ। বরফের আয়তন $= 10 \times 10 \times 10 = 1000 \text{ c.c.}$

এ বরফের ভর $1000 \times 0.92 = 920 \text{ gms}$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিতে 80 cal. তাপ প্রয়োজন। সুতরাং
 $920 \text{ gms. বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ} = \frac{920}{80} = 23 \text{ cal}$

ধব, এ তাপ 'T' sec সময়ে জল হইতে বরফে পরিবাহিত হইল। এখন,
আমরা জানি, $Q = \frac{K A (t_1 - t_2) T}{d}$

এখন, $K = 0.2$, $A = 10 \times 10 \text{ sq. cm.}$, $(t_1 - t_2) = 100^\circ\text{C}$, $d = 0.2 \text{ cm.}$,
কাজেই ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্ব হইতে যে তাপ পরিবাহিত হইবে তাহা
C cal. করিলে,

$$Q = \frac{0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

অতএব, ধন্যকর সব পার্থক্যই হইতে মোট তাপ বাহ্য পরিবাহিত হইবে তাহা

$$6 \times Q = \frac{6 \times 0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

$$\therefore \frac{23}{2} = \frac{6 \times 0.2 \times 10 \times 10 \times 100 \times T}{0.2}$$

$$\text{or, } T = \frac{23}{12} \times 10^{-4} = 1.9 \times 10^{-4} \text{ sec.}$$

কয়েকটি পদার্থের পরিবাহিতার তালিকা

(সি. জি. এস পদ্ধতিতে)

পদার্থ	পরিবাহিতার	পদার্থ	পরিবাহিতার
কপা	৭৭	দস্তা	২৬
সোনা	৭০	সীসা	০৪
তামা	৭২	লোহা	১৬
আলুমিনিয়া	৫০	কাচ	০০২

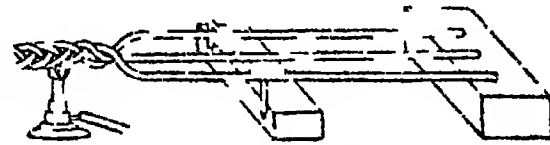
7-3 বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা (Comparison of conductivities of different substances) :

নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা করা যাবে।

পরীক্ষা :

(1) ৫০ সেন্টিমিটার লম্বা ও প্রায় তিন মিলিমিটার ব্যাসযুক্ত তামা, লোহা ও সীসার তিনটি তার লও। এই তিনটি একপ্রাণ একসঙ্গে মোচড়াইয়া জুড়িয়া দাও এবং সেই প্রান্ত বানান ছাড়া উত্তপ্ত কর। (৭ নং চিত্র)। তিন চার মিনিট পরে

এটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রত্যেক তারের গা বাহিয়া লীতল প্রান্ত হইতে উষ্ণপ্রান্তের দিকে লইয়া



বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার বিভিন্ন

যাবে। দেখিবে যে বিভিন্ন তাপে

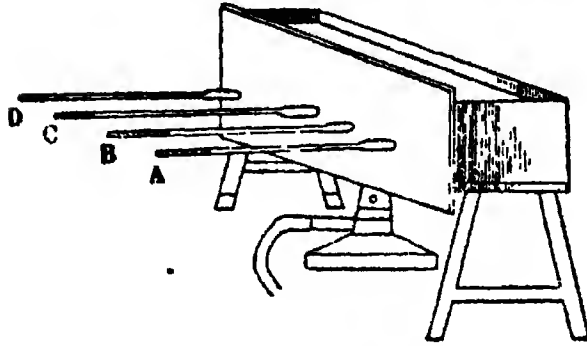
চিত্র ৭গ

বিভিন্ন জায়গাতে গিয়া দেশলাইয়ের কাঠি জলিয়া উঠিবে। তামার তাপ

সর্বাপেক্ষা কম দূর বাইতে হইবে, তারপর লোহার তার এবং সীসার তারে সর্বাপেক্ষা বেশী দূর বাইতে হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে তামা সবচাইতে সহজে তাপ পরিবহণ করে—তারপর লোহা এবং সবশেষে সীসা।

(2) Ingenhausz-এর পরীক্ষা :

৭ম নং চিত্রে এই পরীক্ষার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A, B, C এবং



Ingenhausz-এর পরীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র ৭ম

D কতগুলি বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড। ইহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ সমান এবং ইহাদের উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ লাগানো আছে। দণ্ডগুলি একটি ধাতব-পাত্রেব ভিত্তব এমন ভাবে ঢুকানো যে পাত্রেব

ভিত্তবে প্রত্যেক দণ্ডের দৈর্ঘ্য সমান। ধাতবপাত্রে ভল বাখিয়া ফুটাইলে প্রত্যেক দণ্ডের এক প্রান্ত ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা পাইবে। অতঃপ্রান্ত শীতল রাখিয়া দণ্ড বাহিয়া তাপ প্রবাহিত হইবে এবং তাহার ফলে দণ্ডের গায়ে যে-মোমের প্রলেপ লাগানো আছে তাহা গলিতে শুরু করিবে। যখন প্রত্যেক দণ্ডের উষ্ণতা স্থির অবস্থায় আসিবে তখন মোম গলা বন্ধ হইবে। দেখা যাইবে যে বিভিন্ন দণ্ডের মোম গলার দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। যে-দণ্ড মোম বেশী দূর গলিবে সেই দণ্ডের পরিবাহিতা বেশী।

দণ্ডগুলির পরিবাহিতাকে k_1, k_2, k_3 ইত্যাদি হইলে এবং মোমগলনের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে l_1, l_2, l_3 ইত্যাদি হইলে, ইহা প্রমাণ করা যায় যে

$$\frac{1}{l_1^2} = \frac{k_2}{l_2^2} = \frac{k_3}{l_3^2} = \dots \text{ইত্যাদি}$$

যে-কোন একটি দণ্ডের পরিবাহিতা জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে অতঃ দণ্ডের পরিবাহিতা নির্ণয় করা যাইবে। তবে, উপরোক্ত সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করিবার সময় দুইটি শর্ত আরোপ করা হয়। প্রথমত দণ্ডগুলির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান হওয়া প্রয়োজন এবং দ্বিতীয়ত দণ্ডগুলির তাপ বিকিরণ ক্ষমতা (emissivity) সমান করিতে হইবে। তাপ বিকিরণ-ক্ষমতা বস্তুর পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল বলিয়া প্রত্যেক দণ্ডের গায়ে সমান

জায়ে মোমের প্রলেপ লাগাইয়া উহাদের তাপ বিকিরণ কমতা সমান করিয়া লওয়া হয়। তাছাড়া দণ্ডগুলি এমনভাবে বাছাই করা হয় যে উহাদের প্রত্যেকের প্রস্থচ্ছেদ সমান।

৭-৪. স্থিরপূর্ব অবস্থা (Variable state), স্থির অবস্থা (Steady state) এবং তাপ ব্যপনতা (Diffusivity) :

কোন দণ্ডের একপ্রান্ত উত্তপ্ত করিলে, যতই দণ্ড বাহিয়া তাপ চলাচল করিতে থাকে তত দণ্ডের দূরবর্তী বিন্দুগুলির তাপমাত্রা বাড়িতে থাকে এবং দণ্ডের দৈর্ঘ্যের লম্ব বরাবর তির্যক স্তরগুলির (transverse layers) তাপমাত্রাও বাড়িতে থাকে। এই অবস্থাকে স্থিরপূর্ব অবস্থা বলে। কিছুক্ষণ পরে, প্রত্যেক তির্যকস্তরগুলি একটি সর্বোচ্চ তাপমাত্রায় উপস্থিত হয়—যদিও এই সর্বোচ্চ তাপমাত্রার মান ঐ দণ্ডের উত্তপ্ত প্রান্ত হইতে যত দূরে যাওয়া যাইবে তত একটু একটু কমে যাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত দণ্ডের উত্তপ্ত প্রান্তের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিবে ততক্ষণ প্রত্যেক স্তর নিজস্ব সর্বোচ্চ তাপমাত্রা অক্ষুণ্ণ রাখিবে। এই অবস্থাকে বলা হয় স্থির অবস্থা।

স্থিরপূর্ব অবস্থায়, যে-কোন স্তর উহাব পূর্ববর্তী স্তর হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপ পায় এবং ঐ তাপের কিয়দংশ ঐ স্তর শোষণ করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে, কিয়দংশ বিকিরণ পদ্ধতিতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয় এবং বাকীটা পশ্চবর্তী স্তরে হস্তান্তরিত করে। সুতরাং এই অবস্থায় পরিবহণ ও শোষণ উভয় কার্যই একসঙ্গে চলে এবং উহাদের মিলিত অবস্থাকে বলা হয় তাপ ব্যপনতা।

ধাতবদণ্ড প্রভৃতির মত যে-কোন বস্তুভিতর দিয়া তাপ ব্যপনতার হার শুধু বস্তুভেদে পরিবর্তিত হইবে উপর নির্ভর করে তাহা নয়, উহার আপেক্ষিক তাপের উপরও নির্ভর করে, কারণ ঐ অবস্থায় যে তাপ শোষিত হয় তাহা ঐ বস্তু তাপগ্রাহিতার উপর নির্ভর করে। প্রমাণ করা যায় যে,

$$\text{তাপ ব্যপনতা} = \frac{\text{পরিবাহিতার } K}{\text{আপেক্ষিক তাপ} \times \text{ঘনত্ব}} = \frac{K}{S\rho}$$

[K = পরিবাহিতার ; S = আপেক্ষিক তাপ ; ρ = ঘনত্ব]

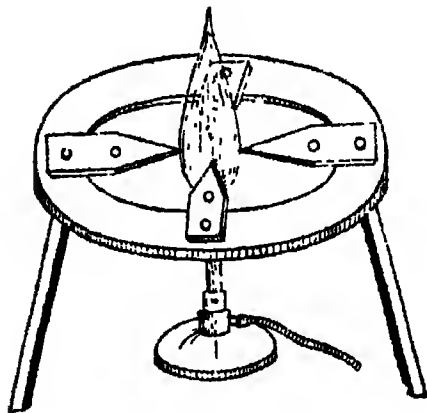
তাপ ব্যপনতার সংজ্ঞা হিসাবে আমরা বলিতে পারি যে, কোন পদার্থের ভিতর দিয়া যে-হারে তাপমাত্রা পরিবর্তন করে তাহাই ঐ পদার্থের তাপ ব্যপনতার সমান।

স্থিরপূর্ব অবস্থায়, পরিবাহিতার এবং আপেক্ষিক তাপ উভয়েরই ভূমিকা আছে; কিন্তু স্থির অবস্থায় তাপের কোন শোষণ হয় না বলিয়া তাপ চলাচল ব্যাপারে শুধু পরিবাহিতার গুরুত্ব থাকে। স্থির অবস্থায় কোন স্তর কে-তাপ পায় তাহার ক্রিয়দংশ বিকিরণের দরুন নষ্ট হয় এবং বাকীটা পরিবহণ প্রণালীতে পরবর্তী স্তরে স্থানান্তরিত হয়—তাপের কোনরূপ শোষণ হয় না।

কোন বস্তুর তাপ ব্যাপনতা খুব বেশী এবং পরিবাহিতা খুব কম হইতে পারে; আবার কোন বস্তুর ক্ষেত্রে উল্টা ব্যাপারও হইতে পারে। যেমন, লোহা অপেক্ষা বিসমাখের তাপ ব্যাপনতা বেশী এবং বিসমাখ অপেক্ষা লোহার তাপ পরিবাহিতা বেশী। ইহার কারণ বিসমাখের তাপগ্রাহিতা খুব কম।

7-5. বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যাপনতা বিভিন্ন তাহা দেখাইবার পরীক্ষা:

বিভিন্ন পদার্থ—যেমন, তামা, লোহা, দস্তা এবং গ্লেটের তৈয়ারী চারটি চাঁপটা দণ্ড একটি কাঠের গোলাকার ফ্রেমে এমনভাবে আবদ্ধ করা আছে যে



চিত্র 7৬

উপাদেব এক প্রান্ত দ্বারা সকলের সঙ্গে ফ্রেমের কেন্দ্রে কাঁচকাঁচি আঁসিয়া ঠেকিয়াছে (চিত্র নং 7৬)। যখন ফ্রেমের কেন্দ্রে একটি বানান বাঁখিয়া দণ্ডগুলির একপ্রান্ত উদ্ভূত করা হইবে, তখন এই প্রান্তগুলি সমতাপমাত্রা লাভ করিবে এবং প্রত্যেক দণ্ড বাঁখিয়া তাপ চলাচল করিবে। কেন্দ্র হইতে সমদূরে প্রত্যেক দণ্ডের অপর প্রান্তে একটি গতে কিছু

ফসফরাস রাখা আছে। দেখা যাইবে যে তামার দণ্ডের ফসফরাস সর্বাপেক্ষে জলিয়া উঠিল; তারপর জলিবে দস্তার দণ্ডের এবং দস্তার দণ্ডের পর জলিতে দেখা যাইবে লোহার দণ্ডের ফসফরাস। কিন্তু গ্লেটের ফসফরাস কখনই জলিবে না। ইহা প্রমাণ করে যে তামার দণ্ডের তাপমাত্রার পরিবর্তন সর্বাধিক এবং গ্লেটের সর্বাপেক্ষা কম। অর্থাৎ, বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যাপনতা বিভিন্ন।

7-6. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী এবং তাহাদের ব্যবহার (Good conductors and bad conductors and their uses) :

পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে সকল দাতুই তাপের ভাল পরিবাহী। ইহার মধ্যে রূপা সর্বাধিক এবং তাহার পরেই তামা। সাধারণত তরল পদার্থ অপেক্ষা কঠিন পদার্থ তাপের সুপরিবাহী, আবার গ্যাস অপেক্ষা তরল ব্বেলী সুপরিবাহী। যেমন, তামার পরিবাহিতা জলের পরিবাহিতার প্রায় 700 গুণ, আবার জলের পরিবাহিতা বায়ুর পরিবাহিতার প্রায় 25 গুণ। বায়ু যে তাপের কুপরিবাহী তাহা নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হইবে।

এক হাতে কিছু চকের গুঁড়া লও—যে গুঁড়াগুলি খুব সূক্ষ্ম নয়, একটু স্থূল যাহাতে গুঁড়াগুলির মধ্যে কিছু বায়ু আবদ্ধ থাকে। অন্য হাতে খুব সূক্ষ্ম গুঁড়া লও যাহাতে বিশেষ কোন বায়ু আবদ্ধ থাকিবে না। এখন, একটি উত্তপ্ত ধাতব বস্তু এক হাতে হইতে অপব হাতে লইলে যে-হাতে সূক্ষ্ম গুঁড়া আছে সেই হাতে বস্তুটি বেশী উত্তপ্ত মনে হইবে। ইহার কারণ বায়ুর ভিতর দিয়া তাপ চলাচল করিতে পাবে না।

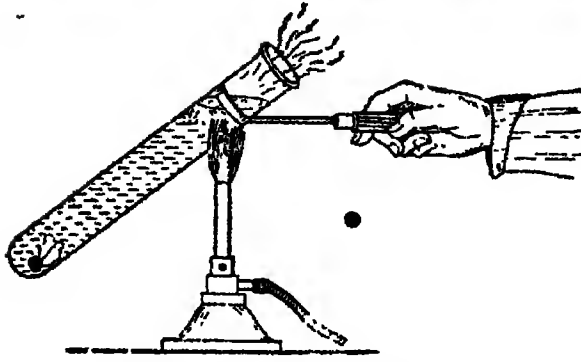
উল, তুলা, আসবেসটস্ প্রভৃতি তাপের কুপরিবাহী। তাই তাপ-নিবারক (heat insulators) হিসাবে ইহাদের ব্যবহার আছে। রেফ্রিজারেটর এবং কুকারের দেওয়ালে লাইনিং হিসাবে আসবেসটস্ ব্যবহৃত হয়। আসবেসটস্ তরু এবং প্রাস্টিকের সহযোগে তৈয়ারী আসবেসটস্ সিমেন্ট বয়লার এবং স্টীম পাউপের আবরণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। উল, তুলা প্রভৃতি দ্বারা গরম পোশাক, লেপ প্রভৃতি তৈয়ারী হয় যাহা আমবা শীতকালে ব্যবহার করি।

তামার সুপরিবাহিতার জ্ঞান রান্দিবাব বাসনপত্র বা ছোটখাটো বয়লার তামার তৈরী হয়। এঞ্জিনের সিলিণ্ডার এবং পিস্টনমুখ (piston head) নির্মাণে অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহার করা হয়। ডেভীর নিরাপত্তা বাতি তামার জালি দিয়া তৈরী করা হয়।

7-7. জলের নিম্নপরিবাহিতা প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experiment to show low conductivity of water) :

একটি লম্বা টেস্ট টিউব জলপূর্ণ কর। একখণ্ড বরফকে এক টুকরা লোহার সহিত আটকাইয়া জলের ভিতর ছাড়িয়া দাও। লোহার টুকরা ভারী বলিয়া উহার সহিত আটকানো বরফ জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে না।

এইবার টেস্ট টিউবটিকে কাত করিয়া ধরিয়া (7চ নং চিত্র) টিউবের



জল তাপের কুপরিবাহী

চিত্র 7চ

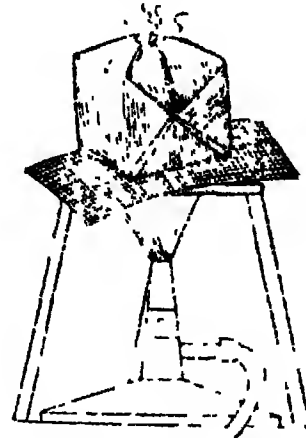
উপরের অংশ বুনসেন বার্নার দ্বারা গরম কর। সাবধানে পরীক্ষা চালাইলে দেখা যাইবে যে টিউবের উপরের অংশের জল ফুটিতেছে কিন্তু নীচের অংশের বরফ গলে নাই। অর্থাৎ জল তাপের কুপরিবাহী বলিয়া উপর হইতে নীচ তাপ

পরিবহণ করিল না এবং তাহার জন্য বরফ টুকুবাটিও গলিতে পারিল না।

7-8. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী সংক্রান্ত কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) কাগজের পাত্র পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাগজের পাত্র তৈরী করিয়া তাহাকে আংশিক জলপূর্ণ কর। ঐ জলকে তাপ প্রদান করিয়া কেটলির জলের মত ফুটানো যাইবে কিন্তু কাগজ পুড়িবে না (7ছ নং চিত্র)। ইহার কারণ এই যে পাতলা কাগজের মধ্য দিয়া তাপ শীঘ্র জলে চলিয়া যায়। কাজেই জল ক্রমশ উত্তপ্ত হইয়া ফুটিবে কিন্তু কাগজ যথেষ্ট গরম হইবে না এবং পুড়িবে না। কিন্তু পাত্রটি যদি মোটা কাগজের হয় তবে পুড়িয়া যাইবে কারণ মোটা কাগজের ভিতর দিয়া তাপ দ্রুত যাইতে পারে না। অর্থাৎ, মোটা কাগজ তাপের কুপরিবাহী।



কাগজের পাত্র পরীক্ষা

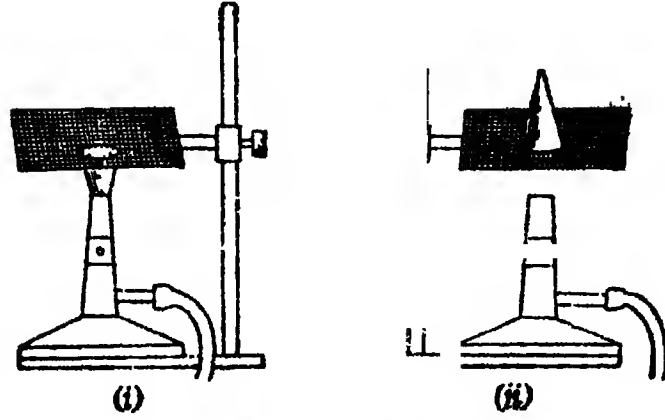
চিত্র 7ছ

(2) অগ্নিশিখা ও তারের জাল পরীক্ষা :

একটি জলস্ত বুনসেন বার্নারের (অভাবে মোমবাতি) শিখার উপর একটি তামার তারের জাল চাপিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে শিখা জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিতে পারে না ; জালের নীচে জলিতে থাকে [7জ (i) চিত্র]। ইহার কারণ এই যে তামা তাপের সুপরিবাহী। শিখা জালের সংস্পর্শে

মানবদ্বারা জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয়। কলে জালের উপরের গ্যাস উত্তপ্ত হইতে পারে না এবং জলনবিন্দুতে (ignition point) পৌঁছায় না।

এইবার বার্নার নিভাইয়া বার্নারের কিছু উপরে জালটি রাখ এবং গ্যাস খুলিয়া দাও। গ্যাস জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিবে। উপরের অংশে



অগ্নিশিখা ও তাবের জাল পরীক্ষা

চিত্র ৭জ

আগুন দিয়া গ্যাস জ্বলাইলে দেখা যাইবে যে শিখা শুধু জালের উপরেই রহিল : নীচে প্রসারিত হইল না [৭জ (ii) নং চিত্র]। ইহার কারণও এই যে তামাব জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেওয়াতে তলার গ্যাস জলনবিন্দুতে পৌঁছায় না।

[দ্রষ্টব্য : এই শেষেব পরীক্ষাটি মোমবাতির দ্বারা হইবে না।]

(৩) ডেভীর নিরাপত্তা বাতি (Davy's safety lamp) :

পূর্ববর্ণিত তামাব জালের সুপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া স্যার হাম্ফ্রে ডেভী এক নিরাপত্তা বাতির উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে এই বাতি ব্যবহার করা যাইতে পারে।

৭খ নং চিত্রে এই বাতির আকৃতি দেখানো হইল। এই বাতির অগ্নিশিখাকে



ডেভীর নিরাপত্তা বাতি

চিত্র ৭খ

একটি ঠাস-বুনন তামাব জাল দিয়া ঘিরিয়া রাখা হয়। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ স্থানে এই বাতি জ্বলাইলে বাহির হইতে গ্যাস জাল ভেদ করিয়া বাতির ভিতরে অল্প অল্প ঢুকিবে এবং ভিতরের অগ্নি-সংস্পর্শে জলিবে কিন্তু তামাব জাল সুপরিবাহী বলিয়া তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দিবে এবং বাহিরের গ্যাসকে শীঘ্র জলন-বিন্দুতে পৌঁছাইতে দিবে না। কাজেই কোন বিস্ফোরণ হইবে না। বিস্ফোরক গ্যাস বাতির ভিতর ঢুকিলে শিখার রং বদলাইয়া যায় এবং তাহা দ্বারা ঐ গ্যাস সম্বন্ধে খনির লোক সচেতন হয়। এই বাতিতে এমন পরিমাণ তেল লওয়া হয় যে

বাহিরের গ্যাস অল্প অল্প উত্তপ্ত হইয়া মৃতকণ্ঠে জলন বিন্দুতে পৌছায়।
উত্তপ্ত তেলও নিঃশেষ হইয়া যায় এবং বাতি নিভিয়া যায়।

আন্ধকার খনিতে বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করা হয়। কিন্তু খনিতে বিস্ফোরক
গ্যাস আছে কি-না তাহার পরীক্ষা ডেভী'র নিরাপত্তা বাতি দ্বারা করা হয়।

7-9. তাপ পরিবহনের কতকগুলি ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (Some practical illustrations of conduction of heat) :

(1) শীতকালে আমরা যে গরম পোশাক ব্যবহার করি তাহা আসলে
গরম নহে। যে-কোন তথাকথিত 'গরম' পোশাক ও অত্যাঙ্গ পোশাক
থার্মোমিটার দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাদের তাপমাত্রা সমান।
তবে শীতকালে গরম পোশাক পরিলে শীত লাগে না বলিয়া উহাদের গরম বলা
হয়। ঐ পোশাক পশমের তৈয়াবী বলিয়া উহার ভিতর অসংখ্য ছিদ্র থাকে
এবং ঐ ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং পশমের
পোশাক পরিলে উক্ত বায়ুস্তর আমাদের দেহের তাপকে বাহিরে যাইতে দেয়
না। কাজেই দেহ গরম থাকে। কিন্তু সূতীবস্ত্রের আঁশগুলি আলগাভাবে থাকে
না বলিয়া ইহাদের ভিতর বায়ুস্তরও থাকিতে পারে না। এহঁ কারণে সূতীবস্ত্র
কম তাপ-নিবাহক।

একই কারণে একটি জামা পবিলে শীতকালে যতটা আরাম বোধ হয় একটি
জামার সমান পুরু কিন্তু দুইটি জামা গায়ে দিলে অনেক বেশী আবাম বোধ হয়।
তুইটি জামা গায়ে দিলে দুই জামার মাঝখানে একটি বায়ুস্তর আবদ্ধ থাকে। এই
আবদ্ধ বায়ুস্তর চলাচল করিতে পারে না বলিয়া দেহের তাপ পরিচলন পদ্ধতিতে
দেহের বাহিরে যাইতে পারে না; আদ্য পরিবহন প্রণালীতেও তাপ বাহিরে
যাইতে পারে না কারণ বায়ু নিজে তাপের কু-পরিবাহী। ফলে, দেহের তাপ
দেহে আবদ্ধ থাকে এবং বেশ আরাম বোধ হয়।

দুইটি জামার বদলে সমান পুরু একটি জামা গায়ে দিলে ঐ জামার কাপড়ের
আঁশগুলির মধ্যে যতটুকু বায়ু আটকা থাকে তাহাই তাপ চলাচলের বাধা সৃষ্টি
করে। কাজেই দেহের তাপ তত ভালভাবে রক্ষিত হয় না।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে নতুন লেপ গায়ে দিলে যত আবাম বোধ
হয় পুরাতন লেপে তত হয় না। ইহার কারণও একই। নতুন লেপের তুলার
ভিতর যথেষ্ট বায়ু আবদ্ধ থাকে কিন্তু পুরাতন লেপে তুলাগুলি পিষ্ট হইবার
জন্য তত বায়ু থাকে না।

(2) কাঠের বোতলের ছিপি বোতলের মুখে পাক্তভাবে আঁকুইয়া গেলে বোতলের মুখ একটু গবম করিলেই ছিপি আল্লা হয়।

ইহাব কারণ এই যে কাচ তাপেব কুপরিবাহী। তাপ পাইয়া বোতলের মুখ প্রসাবিত হয় কিন্তু কাচ সেই তাপ ছিপিতে পবিবহন কবিতে বেশ কিছু সময় নেয়। ফলে ছিপি প্রসাবিত হয় না এবং আল্লা হইয়া যায়।

(3) কোন ঠাণ্ডা ঘরের ধাতব বস্তুতে হাত দিলে বেশ শীতল মনে হয়, কিন্তু কাঠের জিনিস তত শীতল মনে হয় না, যদিও থার্মোমিটারেব সাহায্যে দেখানো যাইতে পাবে যে উভয় বস্তুবই তাপমাত্রা এক। ইহাব কারণ এই যে, ধাতব বস্তু তাপেব সুপবিবাহী বলিয়া হাত হইতে শীঘ্র তাপ টানিয়া লয়। সেইজন্য ধাতব বস্তু স্পর্শ কবিলেই ঠাণ্ডাব অনুভূতি হয়। কিন্তু কাঠ তাপেব সুপবিবাহী নয় বলিয়া ঐরূপ ঠাণ্ডাব অনুভূতি হয় না।

ঠিক এই কবিণে একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ বাহিবেব বোত্রে কিছুক্ষণ ফেলিয়া বাখাব পর স্পর্শ কবিলে লোহা বেশী গবম বলিয়া মনে হইবে, যদিও উভয়েবই ত পমাত্রা সমান।

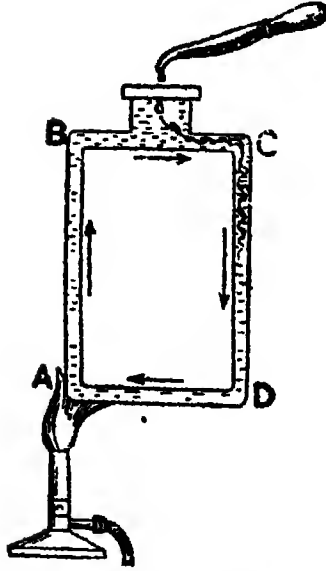
(4) কেটালিৰ হাতলে বে • জড়ানো থাকে এবং ফুটন্ত জলপূর্ণ কেটালি ঐ হাতলদ্বারা বাবিলে বেশী গবম লাগে না। ইহাব কারণ এই যে ত তাপেব কুপরিবাহী।

(5) ববফেব টুক্বাকে সানাবণ্ড কাঠেব গুঁড়া দিয়া ঢাকিয়া বাখা হয় এবং ঐ অবস্থায় ববফ না গলিয়া অনেকক্ষণ থাকে। ইহাব কারণ কাঠেব গুঁড়া তাপেব কুপরিবাহী। বাহিব হইতে তাপ গুঁড়া ভেদ কবিয়া ববফে পৌছায় না। সুতবাং ববফও গলে না।

(6) গ্রামাঞ্চলে খডেব ছাদযুক্ত বাসগৃহ দেখিতে পাওয়া যায়। খড তাপেব কুপরিবাহী। তাই গ্রীষ্মকালে ছাদ ভেদ কবিয়া তাপ গৃহে প্রবেশ কবিতে পাবে না বলিয়া গৃহেব অভ্যন্তর শীতল থাকে। আবার শীতকালে অভ্যন্তরস্থ তাপ বাহিবে যাইতে পাবে না বলিয়া শীতকালে ঐ বাসগৃহ গবম থাকে। টিনেব ছাদযুক্ত গৃহে তাহা হয় না। টিন তাপেব সুপবিবাহী হওয়াতে ঐ গৃহ গরমকালে অত্যধিক গরম ও শীতকালে ঠাণ্ডা হইবে।

7-10. তাপ পরিচলনের কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) 7এ নং চিত্রে প্রদর্শিত পাত্রে মত একটি চতুর্কোণ কাচের পাত্র



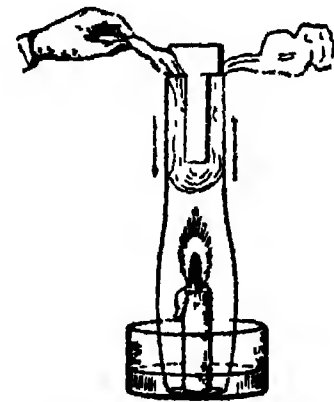
জলে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7এ

লইয়া জলপূর্ণ কর। পাত্রের মুখে এক টুকরা নীল ছাড়িয়া দিয়া যে কোন লম্বা বাহুতে (ধর AB) তলা হইতে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে AB বাহু দিয়া পরিষ্কার জল উপরে উঠিবে এবং CD বাহু দিয়া নীল জল নীচে নামিবে এবং এইভাবে একটি জলস্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে সমস্ত জল একই তাপমাত্রায় আসিবে। উত্তপ্ত জলের স্রোত দ্বারা তাপের এই সঞ্চালনকে **পরিচলন** বলে এবং এই স্রোতকে **পরিচলন স্রোত** (convection current) বলে।

(2) জলের মত বায়ুতেও পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে পরিচলন স্রোত দেখানো যাইবে।

একটি পাত্রে কিছু জল ঢালিয়া উহার মধ্যে একটি জলন্ত মোমবাতি বসায়। বাতিটিকে একটি কাচের চিমনি দিয়া এমনভাবে ঢাকিয়া দাও যেন চিমনির তলদেশ জলে ডুবিয়া থাকে (7ট নং চিত্র)। দেখিবে শিখাটি আস্তে আস্তে ক্ষীণ হইয়া নিভিয়া যাইবে। কারণ চিমনির ভিতরের হাওয়ার অক্সিজেন পুড়িয়া গেলে নতুন হাওয়া তলা দিয়া জলভেদ করিয়া আসিতে পারে না। কাজেই চলাচলের পথ বন্ধ হইয়া যাওয়াতে বায়ুতে পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হয় না। সেইজন্য কিছুক্ষণ পরে শিখাটি নিভিয়া যায়।

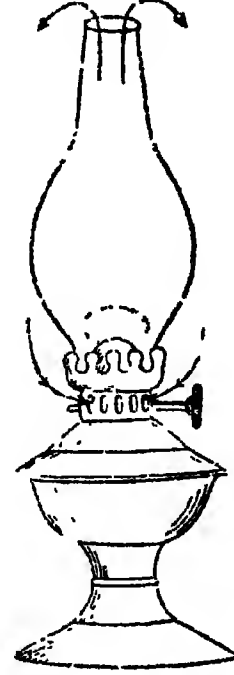


বায়ুতে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7ট

এইবার বাতিটিকে পুনরায় জালিয়া একটি মোটা কাগজের T অক্ষরের মতন কাটিয়া ছবিতে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি চিমনির মুখে রাখ। ইহা চিমনিকে দুইটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করিবে। ইহাতে চিমনির ভিতরে পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হইবে এবং বাতি জলিতে থাকিবে।

একখণ্ড রুটিং কাগজ তাপিন তেলে ভিজাইয়া শুক কর এবং উহাতে অগ্নিসংযোগ কর। কাগজটি প্রচুর ধূম সৃষ্টি করিবে। এই ধূমায়মান কাগজকে চিম্নির মুখে ধরিলে দেখিবে যে ধূম T কাগজের একপাশ দিয়া চিম্নিতে প্রবেশ করিতেছে এবং অপন পাশ দিয়া বাহির হইয়া সাইতেছে। এই ধোঁয়াব গতি প্রমাণ করে যে চিম্নিব ভিতরে বায়ুর পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হইয়াছে। ইহাতে শিখাটি অক্সিজেন পাইয়া অনেকক্ষণ জলিতে থাকে।



(3) টেবুল ল্যাম্প বা হ্যারিকেন লণ্ঠন জলিবার পিছনেও বায়ু এই পরিচলন স্রোত দায়ী। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে বাতিব চিম্নি যে ফ্রেমের সহিত আটকানো তাহাতে কয়েকটি ছিদ্র আছে। যখন বাতি জলে তখন বাতির উপবকার বায়ু গবম হইয়া উপরে উঠে এবং পাশের ঠাণ্ডা হাওয়া এই ছিদ্র দিয়া চিম্নিতে প্রবেশ করে এবং অক্সিজেন সরবরাহ করে [চিত্র নং 7১]। তখন শিখা জলিতে থাকে।

টেবুল ল্যাম্প জলিবার জন্য বায়ুতে পরিচলন স্রোত প্রয়োজন
চিত্র 7১

এই ছিদ্রগুলি যদি মোম দিয়া বন্ধ করা যায় তবে মতুন হাওয়া ঢাকতে পারে না এবং শিখাটি কিছুক্ষণ জলিয়া পরে নিভিয়া যায়।

(4) একটি জলন্ত উত্তনের ঠিক উপরে কিছু দূরে হাত রাখিলে যতটা গরম বোধ হয় সমান দূরে উত্তনের পাশে হাত রাখিলে ততটা গরম বোধ হয় না। ইহার কারণ এই যে উত্তনের উপরের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া হাল্কা হয় এবং উপরে উঠিয়া যায় এবং পাশবর্তী স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল বায়ু আগুনের দিকে প্রবাহিত হয়। এইভাবে একটি পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হয়। ইহাতে উপরের বায়ু দ্রুত উত্তপ্ত হইয়া পড়ে এবং হাতে বেশ গরম লাগে। উত্তনের পাশে তাপ সঞ্চালিত হইবার জন্য পরিবহণ ও বিকিরণ দায়ী। কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী বলিয়া পরিবহণ প্রণালীতে বিশেষ কিছু তাপ সঞ্চালিত হইবে না। যেটুকু তাপ সঞ্চালিত হইবে তাহা বিকিরণের দ্বারা হইবে। তাছাড়া, পরিচলন স্রোতের জন্য আশপাশ হইতে ঠাণ্ডা বায়ু উত্তনের দিকে অগ্রসর হইয়া উত্তনের পাশের তাপ অনেক হ্রাস করিয়া দেয়।

7-11. বিভিন্ন কার্যে ও প্রকৃতিতে পরিচলন প্রক্রিয়ার প্রয়োগ (Practical applications of convection of heat for different purposes and in nature) :

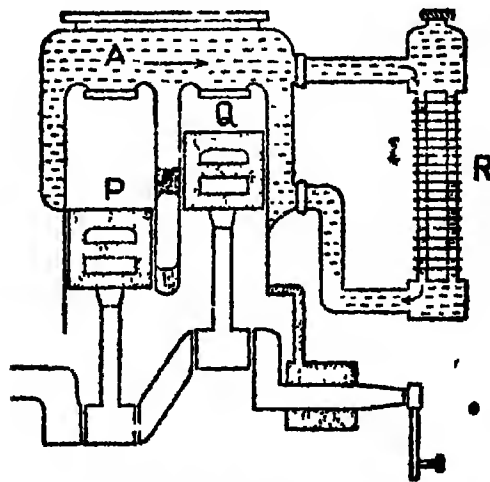
(1) উষ্ণ বায়ুদ্বারা ঘর গরম রাখা :

শীতপ্রধান দেশে বাড়ীঘর গরম রাখার জন্য উষ্ণ বায়ুর পরিচলন স্রোতকে কাজে লাগানো হয়। বাহির হইতে হাওয়া পাইপ দিয়া ঘরে আনিয়া উহাকে গরম করা হয়। হাওয়া গরম হওয়াতে হালকা হইয়া উপরে উঠিতে চায় এবং উহাকে পাইপের সাহায্যে বিভিন্ন ঘবে লইয়া যাওয়া হয়। ফলে ঐ ঘরগুলি গরম থাকে। হাওয়া তাপ ছাড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে ভারী হইয়া পড়ে। তখন উহা আবার নীচে আসে এবং উহাকে পুনরায় গরম করা হয়। এইভাবে বায়ুতে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। এই ব্যবস্থাকে 'central heating' বলে।

(2) মোটর গাড়ীর এঞ্জিন শীতলীকরণ ব্যবস্থা (Cooling system of an automobile engine) :

মোটর গাড়ীর এঞ্জিনের সিলিন্ডারের ভিতর পিস্টন (7ড নং চিত্রে P, Q প্রতীতি) গুঠানামা করার সময় পেট্রল বাষ্পের দহন হয়। তাহান ফলে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। এটি কারণে সিলিন্ডারগুলিকে শীতল রাখিবার জন্য ব্যবস্থা করা হয়। 7ড নং চিত্রে এই শীতলীকরণ ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

A একটি জলাধার যাহা সিলিন্ডারগুলিকে বেষ্টিত করিয়া থাকে। এই জলাধারের একপ্রান্ত তাপ-বিকিরক (radiator) R-এর উৎসর্গাশয় সহিত



মোটর গাড়ীর বেডিয়েন্ট
চিত্র নং 7ড

এবং অপব প্রান্ত নিম্নাংশের সহিত যুক্ত। এই বিকিরক একটি ফাঁপা ধাতব চোঙ। ইহার গায়ে কতকগুলি ধাতুনির্মিত পাখ্ণাংশের (fins) যুক্ত থাকে। ইহা বিকিরক-তলের (radiating surface) ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করে। ইহাতে দ্রুত তাপ-ত্যাগের সুবিধা হয়। সিলিন্ডারের তাপ জলে সঞ্চালিত হইবার ফলে জল উত্তপ্ত

এই উষ্ণ জল বিকিরকের দ্বারা দিয়া নীচে প্রবাহিত হইবার সময় তাপ ছাড়িয়া দিয়া ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এইভাবে ক্রমাপত্ত জলের পরিচলন শ্রোতের দ্বারা মিলিগারগুলি নীতল রাখা হয়।

(3) ঘরে বায়ু চলাচল (Ventilation in a room) :

বায়ুতে পরিচলন-শ্রোতের সৃষ্টির জন্য ঘরে বায়ু চলাচল প্রক্রিয়া সম্ভব হয়। ঘরে বেশী লোক থাকিলে তাহাদের নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে বা আগুন জালিয়া রাখিলে ঘরের বায়ু দূষিত হয়। এই দূষিত ও উত্তপ্ত বায়ু হাল্কা হওয়ায় উপরে উঠিয়া যায় এবং ফুলফুলি (ventilator) দিয়া বাহির হইয়া যায়। বাহির হইতে ঠাণ্ডা ও পরিষ্কার বায়ু জানালা-দরজা দিয়া ঘবে প্রবেশ করে। ইহাতে ঘরের বায়ুমণ্ডল বিশুদ্ধ থাকে।

যেবেদ দরজা-জানালা বন্ধ করিয়া বায়ু চলাচলের পথ সম্পূর্ণ রুদ্ধ করিয়া যদি কেহ বাতি জালিয়া রাতিতে নিদ্রা যায় তবে তাহার প্রাণহানির আশঙ্কা থাকে। এই দরবেনেব দুর্গটনার সংবাদ হোমরা হয়ত শুনিষাছ। ইহার কারণ এই যে নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে ও বাতি জালিয়াব ফলে রুদ্ধ-গৃহের অক্সিজেন শীঘ্র নিঃশেষিত হইয়া যায় এবং বায়ু চলাচলের পথ না থাকায় বাহির হইতে পরিষ্কার বায়ু অক্সিজেন সরবরাহ করিতে পারে না। তাই অক্সিজেনের অভাবে লোকেব মৃত্যু হয়।

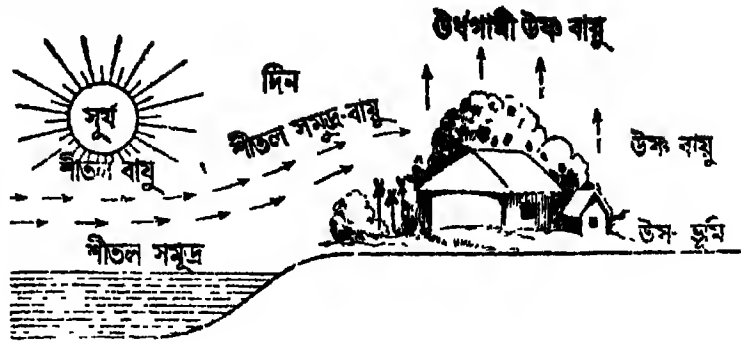
(4) বায়ু-প্রবাহ (Wind) :

নানা সময় ভূ-পৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানের উষ্ণতা বিভিন্ন হয়। ইহার জন্য বায়ু-মণ্ডলের উষ্ণতা ও আর্দ্রতাও বিভিন্ন হয়। উষ্ণ বাষ্পপূর্ণ বায়ু হাল্কা হইয়া উপরে উঠে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল ও শুষ্ক বায়ু উক্ত স্থানে প্রবাহিত হয়। এই কারণে প্রকৃতিতে মৌসুমী বায়ু, বাণিজ্য বায়ু প্রভৃতি নানাপ্রকারের বায়ুপ্রবাহ সৃষ্টি হয়।

(5) স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ু (Land and Sea breeze) :

প্রকৃতিতে বায়ুর পরিচলন শ্রোতের জন্য স্থল-বায়ু ও সমুদ্র বায়ুর সৃষ্টি হয়। জল অপেক্ষা স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম। কাজেই, দিনের বেলাতে স্থল জল অপেক্ষা বেশী উত্তপ্ত হয় এবং তৎসংলগ্ন হাওয়া গরম হইয়া উপরে উঠে ও সমুদ্র হইতে ঠাণ্ডা হাওয়া স্থলের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে সমুদ্রবায়ু বলে

[চিত্র 7৬ (i)]। ইহা দিনের বেলায় প্রবাহিত হয় এবং সমুদ্রের দিকে সর্বাধিক প্রবল হয়।



সমুদ্রবায়ু
চিত্র 7৬ (i)

রাত্রে জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং সমুদ্রের উপর গরম হাওয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং স্থল হইতে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হাওয়া



ভূমিবায়ু
চিত্র 7৬ (ii)

সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। :হাকে স্থলবায়ু বলে [চিত্র 7৬ (ii)]। ইহা ভোরের দিকে সর্বাধিক প্রবল হয়।

7-12. বিকীর্ণ তাপের ধর্ম (Properties of radiant heat) :

পূর্বে বলা হইয়াছে যে কোন জড় মাধ্যমের সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে চতুর্দিক দিয়া যে-প্রণালীতে তাপ একস্থান হইতে অন্য স্থানে সঞ্চালিত হয় তাহাকে বিকিরণ বলে। সূর্য হইতে এই প্রণালীদ্বারা তাপ পৃথিবীতে পৌঁছায়।

প্রকৃতপক্ষে যে-কোন উত্তপ্ত বস্তুই তাপ বিকিরণ করে এবং এই বিকীর্ণ তাপের সঙ্গে আলোকের সাদৃশ্য আছে। নিম্নে বর্ণিত ধর্মগুলি হইতে এই সাদৃশ্য বোঝা যাইবে।

(1) আলোকের ত্রায় বিকীর্ণ তাপ উত্তপ্ত বস্তু হইতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। একটি উত্তপ্ত ধাতব বলের চতুর্দিকে হাত ঘুরাইলে উপরোক্ত বাক্যের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(2) বিকীর্ণ তাপ আলোকের ত্রায় শূণ্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে। ইহার প্রমাণ সূর্য হইতে পৃথিবীতে তাপ পৌছানো, কারণ, সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীভাগ জায়গা শূণ্য।

(3) আলোকের ত্রায় বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে। ইহার ফলেই ছাতা খুলিয়া সূর্যের তাপ হইতে দেহরক্ষা করা যায়।

(4) আলোকের ত্রায় বিকীর্ণ তাপেবও প্রতিফলন ও প্রতিসরণ হয়। লেন্স দ্বারা স্তবদশি প্রতিফলিত কবিতা কাগজ পোড়ানো তোমরা অনেকেই দেখিয়াছ।

(5) বিকীর্ণ তাপের গতিবেগ আলোকের গতিবেগের সমান।

7-13. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি (Nature of radiant heat) :

পূর্বে অগ্রহেদে বিকীর্ণ তাপের ধর্ম আলোচনা করার সময় বলা হইয়াছে ইহার সহিত আলোকের মিল আছে। বস্তুত বিকীর্ণ তাপ ও আলোক অভিন্ন। ইহার একটি সামান্য গাঠনিক অন্তর্গত। এই গোষ্ঠীকে বল হয় তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ (electro-magnetic waves) গোষ্ঠী। গামারশি, রঞ্জনরশ্মি, দৃশ্যমান আলোক, বিকীর্ণ তাপ, বেতার তরঙ্গ—ইহারা সকলেই এই গোষ্ঠীভুক্ত। ইহারা সকলেই ইহার মাধ্যমে প্রতি সেকেন্ডে প্রায় $186,000$ মাইল বেগে চলাচল করে। ইহাদের মধ্যে তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 10^{-10} metres হইতে 10^4 metres হইলে উহাকে বেতার-তরঙ্গ বলা হয় এবং উহা দ্বারা বেতার-যন্ত্রের কাজ হয়। এই তরঙ্গ আমাদের চোখে আলোকের বা দেহে তাপের অনুভূতি সৃষ্টি করে না। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য আরো ক্ষুদ্র হইয়া 10^{-7} cm. এবং 10^{-5} cm-এর মধ্যবর্তী হইলে উহা তাপানুভূতি সৃষ্টি করিবে। তখন উহাকে বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গ বলা হইবে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ক্রমশ ছোট হইতে থাকিলে উহা যথাক্রমে দৃশ্যমান আলো, রঞ্জনরশ্মি ইত্যাদি উৎপন্ন করে।

কোন বস্তু কম উত্তপ্ত হইলে—অর্থাৎ লাল টকটকে হইবার পূর্ব পর্যন্ত—ইহা হইতে অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ নির্গত হয়। এই বিকীর্ণ তাপ-তরঙ্গকে অবলোহিত তরঙ্গ (infra-red waves) এই নামেও অভিহিত করা হয়। এই অবলোহিত তরঙ্গের অনেক ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া লাল টকটকে হইলে

উহা হইতে তাপ-তরঙ্গ ছাড়া লোহিত বর্ণের আলোকতরঙ্গও উৎপন্ন হয়। দৃষ্টান্তস্বরূপ আলোক তরঙ্গগুলির ভিতর লোহিত বর্ণের তরঙ্গের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশী। এই কারণে উদ্ভূত বস্তুটিকে লাল দেখায়। বস্তুটি আরো উদ্ভূত হইয়া শ্বেত-তন্ত (white-hot) হইলে উহা তাপ-তরঙ্গ ছাড়া সকল বর্ণ সৃষ্টিকারী দৃষ্টমান আলোকতরঙ্গগুলিও সৃষ্টি করে। সকল বর্ণের সংমিশ্রণে তখন বস্তুটি সাদা দেখায়।

7-14. বিকিরণ ও শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ (Some important illustrations in connection with radiation and absorption) :

প্রত্যেক পদার্থেই তাপ বিকিরণ ও শোষণ কবিবাব সম্ভব আছে। ইহা পদার্থের কয়েকটি বিষয়ের (factors) উপর নির্ভর করে—যেমন, বস্তুটির তাপমাত্রা এবং পৃষ্ঠপার্শ্বের তাপমাত্রা, বস্তুটির পৃষ্ঠের প্রকৃতি, বস্তুটি কি পদার্থে প্রযোজ্য ইত্যাদি। ইহা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, যে-পদার্থ উত্তম বিকিরক তাহা উত্তম শোষকও বটে। আবার, যে পদার্থ উত্তম বিকিরক নয়, শোষক হিসাবেও তাহা উত্তম নয়। যেমন কৃষ্ণ বস্তু (black body) তাপের উত্তম বিকিরক ও উত্তম শোষক কিন্তু চক্চকে বস্তু তাপের মন্দ বিকিরক এবং মন্দ শোষক। বিকিরণ এবং শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(1) হাড়ির তলা চক্চকে থাকিলে তাহাতে জল গরম করিতে যে-সময় লাগে তলা কালো এবং অমসৃণ থাকিলে অনেক কম সময়ে জল গরম হয়। কালো এবং অমসৃণ হইয়ায় হাড়ির ঐ তলা আশ্রয় হইতে বেশী বেশী শোষণ করিবে কিন্তু চক্চকে হইলে অনেক কম তাপ শোষণ করিলে, বেশীভাগ তাপ চক্চকে তল হইতে প্রতিফলিত হইয়া যাইবে। সুতরাং জল গরম হইতে সময়ের তাপোন্নয়ন হইবে। ত্রোমুখী হয়ত লক্ষ্য করিয়াছে যে বাড়িতে ভাত রাঁধিবার খাতব হাড়ির তলা স্ফটিক দিয়া লেপিয়া দেওয়া হয় এবং আগুনে পুড়িয়া উহা কালো হইয়া থাকে। ইহা দ্বারা রন্ধনপ্রণালীতে তাপ পাটখা সিদ্ধ হয়।

একই কারণে চক্চকে পালিশ করা জুতা পরিলে আরাম বোধ হয়।

(2) শীতকালে কালো রংয়ের জামা গায়ে দেওয়া এবং গরম কালে সাদা জামা গায়ে দেওয়া আরামপ্রদ, ইহা ত্রোমুখী লক্ষ্য করিয়াছে কি? কালো জামা সূর্য হইতে নিকীর্ণ তাপ শোষণ করিয়া দেহকে উদ্ভূত রাখে। তাই শীতকালে কালো জামা গায়ে দিলে দেহ গরম থাকে এবং আরাম অনুভব করা যায়।

আবার গরম কালে সাদা জামা সূর্য কিরণের বেশী তাপ প্রতিফলিত করিয়া দেয়—খুব অল্প অংশ শোষণ করে। তাই দেহ বিশেষ গরম হইতে পারে না।

(3) ছাতার কাপড় কালো রংয়ের করা হয় তাহা ভোমরা নিশ্চয়ই দেখিয়াছ। ইহার কাণ আছে। কৃষ্ণ বস্তু উত্তম বিকিরক বলিয়া ছাতার কালো কাপড়ে সূর্য বর্ণি পড়িলে তাপ চতুর্দিকে বিকীর্ণ হইয়া যায়। বিকীর্ণ তাপ বায়ু ভিতর দিয়া চলি চলি কবিলে বায়ু উত্তপ্ত হয় না। তাই গ্রীষ্মকালে রৌদ্রের ভিতর ছাতা খুলিয়া চলিলে তত গরম নোধ হয় না।

(4) শুষ্ক বায়ু আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা কম তাপ শোষণ করে—অর্থাৎ শুষ্ক বায়ু তাপের মন্দ শোষক। তাই, শীতকালে, যেদিন মেঘলা থাকে সেদিন বায়ু খুব আর্দ্র হইয়া পড়ে। ফলে বায়ু সূর্যরশ্মি হইতে বেশী তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেদিন তেমন শীত অনুভূত হয় না। আবার যেদিন আকাশ পরিষ্কার থাকে, বায়ু শুষ্ক হয় এবং কম তাপ শোষণ করে। তাই সেদিন শীতের প্রকোপ বেশী হয়।

(5) দুইটি থার্মোমিটার হইয়া একটির বুকে কুল মাপাইয়া সঞ্চয়ন কর এবং অন্যটির কুণ্ডে একটি রূপার প্রদেপ দিয়া চক্চকে কর। এখন দুইটি থার্মোমিটারকে পাশাপাশি বোঁদ্রে রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখিতে পাইবে যে প্রথম থার্মোমিটারের পাঠ দ্বিতীয়টি হইতে বেশী হইয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে একই পারিপার্শ্বিক অবস্থায় থাকিয়া কৃষ্ণবস্তু চক্চকে বস্তু অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ কারবার ক্ষমতা রাখে।

(6) বিকীর্ণ তাপ-তরঙ্গ সম্পর্কে বিভিন্ন বস্তুর স্বচ্ছতা বিভিন্ন—অর্থাৎ, এক এক রকমের বস্তু এক এক রকমে তাপ-তরঙ্গকে সংবাহিত (transmit) করে—অর্থাৎ তাপ তরঙ্গকে করে না। এই সম্পর্কে কাচ একটি উৎকৃষ্ট উদাহরণ। খুব উত্তপ্ত বস্তু হইতে নির্গত অপেক্ষাকৃত ছোট দৈর্ঘ্যের তাপ-তরঙ্গ কাচের ভিতর দিয়া চলিয়া যাইতে পারে কিন্তু কম উত্তপ্ত বস্তু হইতে বিকীর্ণ অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ কাচ ভেদ করিতে পারে না। কাচের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ছাত্রাপা ও বহুমূল্য উদ্ভিদ, গাছপালা, ফুল ইত্যাদি সংরক্ষণের জন্ত 'গ্রীন-হাউস' (green house) নির্মাণ করা হয়। সূর্য খুব উত্তপ্ত বালিয়া ক্ষুদ্র তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের সঞ্চিবণ অন্যথাসে গ্রীন-হাউসের কাচ ভেদ করিয়া অভ্যন্তরে প্রবেশ করিতে পারে; কিন্তু ঐ তাপে উত্তপ্ত হইয়া গাছপালা বা মাটি যখন তাপ-তরঙ্গ বিকিরণ করে তখন উহা কাচ ভেদ করিয়া বাহিরে

বাইতে পারে না ; কারণ উহাদের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত বড়। এই কারণে শীতপ্রধান দেশে গ্রীন-হাউসের অভ্যন্তর বেশ গরম থাকে।

7-15. থার্মোফ্লাস্ক (Thermo flask) :

এই ফ্লাস্কে কোন উষ্ণ তরল (চা, দুধ প্রভৃতি) বহুক্ষণ উষ্ণ থাকে কিংবা কোন ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ ঠাণ্ডা থাকে। ইহার কারণ এই যে, ইহার নির্মাণ-কৌশল বাহিব হইলে ভিতরের সহিত তাপ সঞ্চালনের তিনপ্রকার

প্রণালীকেই নিবারণ করে। সুতরাং উষ্ণ তরল তাপ ধরিয়া রাখে আবার ঠাণ্ডা তরল বাহিব হইতে তাপ লয় না।



চিত্র ৭৭

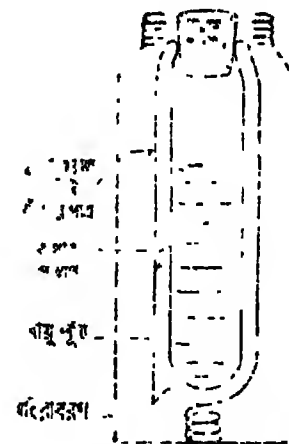
চিত্র ৭৭

৭৭ নং চিত্রে এই ফ্লাস্কের ছবি এবং ৭৮ নং চিত্রে ইহার নকসা দেখানো হইল। ইহা একটি দুই দেওয়াল বিশিষ্ট পাত্রে পাত্র। গলার দিকটা একটি সরু এবং মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করা যায়। এই কাচের পাত্রটি যখন একটি পাত্রে পাত্রে আবরণেণ ভিতর রাখা হয় এবং উভয়ের ভিতর একটি শ্রীং দেওয়া

থাকে। ইহাতে বাহ্যিকের সহিত বাতপাত্রটি ভাঙ্গিতে পারে না। কাচের পাত্রে এই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থানে যথাসম্ভব বাতশূন্য করা হয় এবং বাহ্যিকের দেওয়ালে ভিতরের দিক ও ভিতরের দেওয়ালে বাহ্যিকের দিক খুব পার্থক্য করা ও অপার প্রলেপ দেওয়া থাকে।

কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়াতে এই পাত্র হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপের সঞ্চালন হয় না। দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান বাতশূন্য করাতে পরিচলন প্রণালীতেও তাপ সঞ্চালন সম্ভব নয়। উপরন্তু দুই দেওয়াল মসৃণ ও কপার প্রলেপযুক্ত হওয়াতে বিকিরণের দ্বারা তাপ সঞ্চালনও নিবারণিত হয়।

শুষ্ক পাত্রে মুখের ছিপি দ্বারা একটি তাপ পরিবহণ হইতে পারে। এইজন্য মুখ তাপের কুপরিবাহী কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়।



থার্মোফ্লাস্কের নকসা

চিত্র ৭৮

সুতরাং সকল রকম উপায়ে তাপের আদানপ্রদান বন্ধ হইবার জন্য ইহার অভ্যন্তরস্থ উষ্ণ তরল উষ্ণই থাকিবে অথবা শীতল তরল শীতলই থাকিবে।

তরল বায়ু (liquid air) সংরক্ষণের জন্য সার ড্রেমন্ডেওয়ার এই ক্লাস্কের উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। এই কারণে এষ্ট ক্লাস্ককে অনেক সময় ডেওয়ার ক্লাস্ক এই নামেও অভিহিত করা হয়।

সারাংশ

তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি : (1) পরিবহণ, (2) পরিচলন ও (3) বিকিরণ।

পরিবাহিতা : তাপ পরিবহণের গুণকে পরিবাহিতা বলে। বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে তাহাকে সুপরিবাহী বলে ; যেমন লোহা, তামা ইত্যাদি। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে না তাহাকে কুপরিবাহী বলে ; যেমন—জল, কাচ, কগজ ইত্যাদি।

এক বেধ ও একক ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট কোন পদার্থখণ্ডের দুই বিপরীত প্রান্তে তাপমাত্রা ভেদ একত্র হইলে এক সেকেন্ডে যতশক্তি তাপ এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে সঞ্চাৰে প্রবাহিত হয় তাহাকে ঐক্ল পদার্থের পরিবাহিতা বলে।

অভিন্ন নিম্নোক্ত বস্তু তাপের সুপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া নির্মিত হইয়াছে। ইহা দ্বারা বিদ্যুৎদেয় গ্যাসপূর্ণ বস্তুতে আলো জ্বলি চলে অথচ বিস্ফোরণের কোন ভয় থাকে না। তাপ পরিচলন প্রক্রিয়াকে প্রয়োগ করিয়া ঘনবাড়ী, গরম বক্স, ইত্যাদি পদ্ধতিতে ইহার প্রয়োগের ফলে গরম বায়ু, চলাচল বায়ুপ্রবাহ, হালবায়ু ও শুষ্ক-বায়ু প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

বিকিরণ তাপের ধর্ম আলোকের ধর্মের অনুরূপ। ইহা ভূমি-চুম্বকীয় তরঙ্গগোষ্ঠীর অন্তর্গত।

থার্মো ক্লাস্ক এমন একটি পাত্র যাহা উষ্ণ তরলকে বহুক্ষণ ঠাণ্ডা রাখে অথবা শীতল তরলকে অনেকক্ষণ শীতল রাখে। ইহার নির্মাণ-কৌশল তাপসঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতিকে নিবারণ করে।

প্রশ্নাবলী

1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি কি ? ইহাদের উদ্দেশ্য সহযোগে ব্যাখ্যা দাও। ইহাদের ভিত্তি পার্থক্য কি ?

[What are the different modes of transference of heat ? Explain them with illustrations. What is the difference between them ?]

[H. S. (comp.) 1960, (comp) '61, '63. H. S. Exam. 1962]

৩. 'পরিবাহিতা' ও 'পরিবাহিতাক' কাকে বলে? বিভিন্ন দ্রব্যের পরিবাহিতা বিভিন্ন কি? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[What are 'conductivity' and 'thermal conductivity'? Are the conductivities of different substances different? Explain by means of an experiment] [cf. H. S. Exam. 1962]

৪. পদার্থের তাপ ব্যপনতা কাকে বলে? তাপ ব্যপনতার সহিত পরিবাহিতাকের সম্পর্ক কি? বিভিন্ন পদার্থের তাপ ব্যপনতা বিভিন্ন ইহা প্রদর্শনের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[What do you mean by diffusivity of a substance? What is the relation between diffusivity and thermal conductivity? Describe an experiment to illustrate that different materials have different diffusivity.]

৫. তাপের সুপরিবাহী ও কুপরিবাহী কাকে বলে? উহাদের কয়েকটি উদাহরণ দাও। সুপরিবাহী ও কুপরিবাহীর কয়েকটি ব্যবহৃত উদ্দেশ্য কর।

[What are good conductors and bad conductors of heat? Give a few illustrations. Mention some of the applications of good conductors and bad conductors.]

৬. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—(ক) ঘোরে বাবা এক টুকরা লোহা ও একখণ্ড কাঠ স্পর্শ করিলে কে নটি বেশ গরম মনে হয় এবং কেন? (খ) একটি লোহা পাতের উপর তাপের জাল বাজিয়া জ্বলিয়া উঠিল অগ্নিসংকেত করিলে শিখা উপরেই থাকে—নীচে যায় না; কেন? (গ) পশুরের পোশাক তৈরি করার জন্য তরু কেন? (ঘ) কেটলির হাতলে বেত জড়ানো থাকে কেন?

[Answer the following questions :—(a) If you touch a piece of iron and a piece of wood lying exposed to the heat of the sun which one would feel hotter and why? (b) If a copper wire-gauge is held over a burner and the gas is lighted above the gauge, the flame does not go below the gauge. Why? [H. S. Exam. 1964] (c) Why are woolen clothes called warm clothes? [H. S. Exam. 1961] (d) Why is the handle of a kettle wrapped with cane?]

৬. একটি তাম্র প্লেটের দৈর্ঘ্য 1 metre, প্রস্থ 1 metre এবং বেধ 1 cm. প্লেটটির দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ 10°C হইলে প্রতি মিনিটে প্লেটের ভিতর দিয়া কত তাপ প্রবাহিত হইবে? [তাম্রের পরিবাহিতাক = 0.96 C. G. S.]

[A copper plate 1 metre long, 1 metre broad and 1 cm. thick has two opposite faces at a difference of temperature of 10°C . How much heat will flow through the plate per minute? Thermal conductivity of copper = 0.96 C. G. S.] [Ans. $576 \times 10^4 \text{ cal.}$]

৭. একটি কাচের জানালায় ভিতরের দিকের তাপমাত্রা 80°C এবং বাহ্যিকের দিকের তাপমাত্রা 40°C . জানালায় কাচ 0.8 cm. পুরু এবং 2 sq. metres ক্ষেত্রফলযুক্ত। কাচের পরিবাহিতাক 0.002 হইলে কি হাবে জানালা দিয়া তাপ ঘবে প্রবেশ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

[The inside and outside temperatures of a glass-window of a room are 30°C and 40°C respectively. The glass is 0.8 cm. thick and has an area of 2 sq. metres. If the thermal conductivity of glass is .002, calculate the rate at which heat flows into the room from outside through the glass window]

[Ans. 1.8×10^3 cal/sec.]

৪. একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য ৪১.৪১ cm. এবং ব্যাস ৪ cm. ; দণ্ডের একপ্রান্ত 100°C তাপমাত্রার স্টীমের সহিত এবং অপরপ্রান্ত 0°C তাপমাত্রার একটি বরফ-ব্লকের সহিত সম্পর্কিত। ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক ০.৯ হইলে প্রতি মিনিটে কত বরফ গলিবে নির্ণয় কর।

[A metal rod of thermal conductivity 0.9 is 81.41 cm. long and 4 cm. in diameter. One of its ends is kept exposed to steam at 100°C and the other end is put in contact with a block of ice at 0°C . How much ice will melt per minute ?]

[Ans. 27 gms.]

৯. একটি ধাতুনির্মিত ফাঁপা ঘনকের প্রত্যেক পার্শ্বের দৈর্ঘ্য ১০ cm. এবং উচ্চতা প্রত্যেক পার্শ্ব ৪ cm. পূর্ণ। ঘনকটি পরিপূর্ণভাবে বরফ দ্বারা ভর্তি করিয়া 10°C তাপমাত্রার জলে বসানো হইল। এক মিনিটে কত বরফ গলিবে? ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক ০.৫

[A hollow metallic cube has each side 10 cm. long and 4 cm. thick. It is completely filled up by ice and then placed in water at 10°C . How much ice will melt in a minute ? Thermal conductivity of the metal = 0.5]

[Ans. 562.5 gms.]

১০. একটি টেস্ট টিউব জলে ভর্তি করিয়া তাৎক্ষণিক উপরে অংশ গরম করা হইল। দেখা গেল যে তলার অংশ হাত দিলে গরম লাগে না। কিন্তু তলার অংশ গরম করিলে উপরের অংশে হাত দিলে গরম লাগে। ইহা দ্বারা কি প্রমাণিত হয়?

[A test-tube filled with water is held in an inclined position and the upper part is heated. It is found that the lower part when touched with hand does not appear hot but when the lower part is heated and the upper part touched it appears hot. What does it prove ?]

১১. 'কাচের পরিবাহিতাঙ্ক .002'—এই উক্তি দ্বারা কি বোঝা যায়?

['Coefficient of thermal conductivity of glass is .002'.—What does this statement mean ?]

১২. থার্মোসফ্লেকের বিবরণ লেখ ও ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe a thermos flask and explain how it acts.]

১৪. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি এবং ধর্ম সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ। বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকের প্রভেদ কি?

[Write a short note on the nature and properties of radiant heat. How does radiant heat differ from light ?]

১৪. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) কাগজ না পোড়ানো একটি কাগজের দ্বারা জল বাধিয়া জল ফুটানো যায় কেন? (খ) কোন আয়তনের সম্মুখে যতটা প্রবল তিক্ত আয়তনের

উপরে সমান দূরত্বে বেশী গরম বোধ হয় কেন? (গ) শীতকালে একটি জামা পরিলে বড়টী আরাম বোধ হয়, সমান পুরু দুইটি জামা গায়ে দিলে বেশী আরাম বোধ হয়; কেন? (ঘ) গ্রীষ্মকালে সাদা জামা এবং শীতকালে কালো জামা গায়ে দেওয়া আরামদায়ক কেন? (ঙ) ছাতাব কাপড়ের বৎ কালো কণা হয় কেন? (চ) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ড চক্চকে এবং অপরটির কুণ্ড কৃষ্ণবর্ণ। দুইটিকে পাশাপাশি মেঘশূন্য বাত্মিতে বাহিরে রাখিয়া দিলে উহাদের পার্থক্য কি তাবতম্য দেখিবে?

[Give reasons for the following statements :—(a) Water may be boiled in a paper box without charring the paper, (b) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire. [H. S (comp) 1961, '62] (c) It is comfortable in winter season to use two shirts, instead of one, but of same thickness and material as of the single shirt. Why? (d) In summer white clothes are preferable while in winter black clothes give us comfort. Why? (e) Why is the cloth of an umbrella made black? (f) Two thermometers—one having a polished bulb and other a blackened bulb—are placed side by side outside in a cloudless night. What difference would you notice in their readings and why?]

15. বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে একটি তাপমাত্রা পরিমিটার উত্তপ্ত করে। তাপমাত্রা পরিমিটারের কী কী উপায়ে তাপ হারাইতে পারে তাহা লক্ষ্য কর এবং তাহা কীভাবে নিবারণ করা যাইতে পারে তাহাও উল্লেখ কর।

[An open copper calorimeter contains a quantity of hot water. Explain the various processes by which it can lose heat and suggest methods of reducing the loss due to each process.]

16. দুইটি একই ধরনের ধাতব পাত্রে কিছু গরম জল রাখা হইল। একটি পাত্রের পটভূমি খুব চক্চকে ও সাদা এবং অপরটির পটভূমি কৃষ্ণবর্ণ। উভয় পাত্রের জল স্তর সমান হইবে? উহাদের উত্তর কীভাবে বর্ণনা কর।

[Hot water is placed in two identical metal vessels, one with a polished white surface and the other with a black surface. Which one will cool more quickly? Give reasons for your answer.]

17. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রদর্শনের জন্য একটি কাদিয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর :—(i) লোহা অপেক্ষা তাম্র তাপের অধিক সুপরিবাহী (ii) জল তাপের অপরিবাহী এবং (iii) চক্চকে বস্তু অপেক্ষা কৃষ্ণবর্ণ বস্তু তাপের ভাল শোষক।

[Describe experiments, one in each case, to show that (i) copper is a better conductor of heat than iron (ii) water is a bad conductor of heat and (iii) a blackened surface is a better absorber of heat than a bright one.]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) শীতের দিনে দরজাখান সমস্ত কাঠবিড়ালী উঠাব লোমশ লেজ দ্বারা দেখা আবৃত পাখে কেন? (খ) মসপ্যান সাধারণত ধাতুর তৈরী হয় কেন? (গ) শীতের দিনে পালীবা হাছাদের পালক কুলাইয়া দেখা আবৃত পাখে কেন? (ঘ) মোটর বেঞ্জিনের গায়ে খাত্ত নিমিত্ত পাখনা-শিশির যুক্ত থাকে কেন? (ঙ) পড়ের ছাদযুক্ত

তাপমাত্রা মাপিতে হয় উহার সহিত কুণ্ডটির সংস্পর্শ ঘটাইলে, পারদ আয়তনে বাড়িয়া যে-দাগ পর্যন্ত পৌছাইবে তাহাই হইবে বস্তুর তাপমাত্রা।

থার্মোমিটার নির্মাণ-প্রণালী :

একটি সমান ব্যাসের সরু রক্তবিশিষ্ট শক্ত কাচনল লও। প্রথমে নলটির দুমুখ খোলা থাকিবে। পরে একমুখ মাগুনে গলাইয়া অল্প মুখে ফুঁ দিয়া একটি চোঙাকৃতি কুণ্ড A তৈয়ারী কর (1খ নং চিত্র)। অল্পমুখে রবার নল দিয়া একটি ফানেল F আটকাও। উহার একটু নীচে কাচনলের দেওয়াল একটু গরম করিয়া চাপিয়া দাও যাহাতে ঐস্থানেব বন্ধ একটু বেশী সরু হয় (চিত্রে C অংশ)। এগুন ফানেলে কিছু বিস্তৃত পাবদ লও। কাচনলেব বন্ধ খুব সরু এবং বায়ুপূর্ণ বলিয়া পাবদ রক্ত বাহিয়া কুণ্ডে আসিতে পাবিবে না। কুণ্ডটি পাবদপূর্ণ করিতে নিম্নলিখিত পদ্য অলম্বন করিতে হইবে।

A কুণ্ডকে গরম কর। ফলে বন্ধের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া পাবদের ভিতর বৃদ্ধি সৃষ্টি করিয়া বাহির হইয়া যাইবে। কুণ্ডকে এখন ঠাণ্ডা করিলে থার্মিকটা পাবদ কুণ্ডে আসিয়া জমা হইবে। পুনরায় A কুণ্ডকে গরম কর যাহাতে কুণ্ডেব পারদ কুটতে থাকে। পাবদেব বাষ্প বন্ধেব সব বায়ু ও জলীয় বাষ্প ইত্যাদি ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিবে। কুণ্ডকে এইবার ঠাণ্ডা করিলে আবও কিছু পাবদ কুণ্ডে জমা হইবে। এইরূপ পন্যায়ক্রমে কুণ্ডকে গরম ও ঠাণ্ডা করিতে হইবে যতক্ষণ না কুণ্ডের বন্ধের থার্মিকটা অংশ পারদপূর্ণ হয়।



থার্মোমিটার নির্মাণ
কৌশল
চিত্র 1খ

অতঃপর থার্মোমিটার সর্বাধিক যে-তাপমাত্রা নির্ণয় করিবে তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী তাপমাত্রায় কুণ্ডটি রাখিতে হইবে। ফলে পারদ আয়তনে বাড়িয়া ফানেল পর্যন্ত পৌছাইবে। এই অবস্থায় ফানেল হইতে অতিরিক্ত পারদ সরাইয়া কুণ্ডটিকে আন্তে আন্তে ঠাণ্ডা কর। পারদ আয়তনে কমিয়া যখন C অংশে পৌছাইবে তখন ঐ স্থান গরম করিয়া গলাইয়া বন্ধ কর।

এখন সমস্ত নলটিকে ঠাণ্ডা করিলে পারদ সঙ্কুচিত হইয়া কুণ্ড ও বস্তুর কিছু অংশ অধিকার করিবে এবং বস্তুর বাকী অংশ সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে। এইরূপে পারদ থার্মোমিটার তৈয়ারী হয়।

কোন থার্মোমিটার লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বস্তুর সর্বোচ্চ দাগের পর একটি ছোট কুণ্ড আছে (চিত্র 1ক)। ইহা থার্মোমিটারের পক্ষে একটি নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা। কারণ, কখনও কোন কারণে যদি থার্মোমিটার কুণ্ডকে অতিরিক্ত উত্তপ্ত করা হয়, যাহাতে পারদস্রোত থার্মোমিটারের সর্বোচ্চ দাগ ছাড়িয়া যায় তাহা হইলে পারদ ঐ ছোট কুণ্ডে আসিয়া জমা হয়। কুণ্ডটি না থাকিলে পারদেব চাপে থার্মোমিটার ভাঙ্গিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

থার্মোমিটার নির্মাণের সময় লক্ষ্য রাখিতে হইবে যাহাতে থার্মোমিটারটি সূবেদী (sensitive) এবং দ্রুত ক্রিয়াশীল (quick acting) হয় অর্থাৎ সামান্য তাপমাত্রার পরিবর্তনে থার্মোমিটারের তরলস্তরের যথেষ্ট প্রসারণ হয় এবং থার্মোমিটারটি খুব দ্রুত তাপমাত্রার পরিবর্তন দেখাইতে সক্ষম হয়।

থার্মোমিটার কুণ্ডের আকার বৃদ্ধি করিলে থার্মোমিটার সূবেদী হইবে, কারণ ঐ কুণ্ডে বেশী আয়তনের তরল থাকিবে এবং প্রতি ডিগ্রী তাপমাত্রা পরিবর্তনে ঐ তরলের প্রসারণ বেশী হইবে। তাছাড়া বস্তু খুব সরু হইলেও থার্মোমিটার সূবেদী হয়। কারণ নির্দিষ্ট আয়তন বৃদ্ধিতে বস্তু যত সরু হইবে তরলস্তর বস্তু বাহিয়া তত বেশী অগ্রসর হইবে।

থার্মোমিটারকে দ্রুত ক্রিয়াশীল করিতে হইলে কুণ্ডটি পাতলা কাচের তৈয়ারী করিতে হইবে এবং সাইজে ছোট করিতে হইবে। তাছাড়া, থার্মোমিটারের তরল পদার্থকে তাপের সুপরিবাহী হইতে হইবে যাহাতে তরলের সর্বত্র তাপ দ্রুত ছড়াইয়া পড়িতে পারে।

থার্মোমিটারের স্থিরাক্ষ নির্ণয় (Determination of fixed points of a thermometer):

তাপমাত্রা নির্ণয়ের স্কেল তৈয়ারী করিতে গেলে সর্বপ্রথম দুইটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পারদ কোথায় গিয়া দাঁড়ায় তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। এই দুই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় থার্মোমিটারের স্থিরাক্ষ। যে-তাপমাত্রায় বিন্দু বরফ গলে অথবা জল জমিয়া বরফ হয় তাহাকে নিম্ন স্থিরাক্ষ (lower fixed point) অথবা হিমাক্ষ (freezing point or ice point) বলে এবং

কিসকৃৎ, গরমে ঠাণ্ডা এবং শীত্রে গরম থাকে কেন? (৪) গরমকালে পুকুরের উপরকার জল গরম এবং নীচের জল ঠাণ্ডা থাকে আবার খুব ঠাণ্ডার দিনে, উপরকার জল ঠাণ্ডা এবং নীচের জল গরম থাকে কেন?

[Answer the following questions :—(a) Why do squirrels wrap their bushy tails round their body during their winter sleep? (b) Why are saucepans usually made of metal? (c) Why do birds puff out their feathers on a cold day? (d) Why are metallic fins attached to a motor radiator? (e) A dwelling house with a straw roof keeps cool in summer and warm in winter. Why? [H. S. Exam. 1964] (f) On a hot day the surface water of a pond is warmer than the water below, but on a day when it is nearly freezing, the surface water is colder. Why?]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

A. Alternate response type :

(i) Yes or No type :—

(ক) তবল হইতে বায়বীয় অথবা কঠিন হইতে তাপে অন্তঃস্থবিতে হইবার সময় তাপমাত্রার পরিবর্তন হইবে কি? —

(খ) ঘবেব বায়ু উষ্ণ হইয়া সন্মূলি দিয়া পৃথিবী হইয়া গেলে বায়ু ভিতর পরিচলন হইতেব উৎপত্তি হইয়াছে বলা যাইবে কি? —

(গ) থার্মোমিটারেব পাণ্ড সাউজে বড় অথবা বড় বেলী বাসযুক্ত হইলে তাপমাত্রা মাপিবার ক্ষমতা হইবে কি? —

(ঘ) তাপগতিক তাপ সমান হইলে কোন বস্তু তাপগ্রাহিতা ও উৎস্র সমান হয় কি? —

(ঙ) তাপকে '১ একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা সম্ভব? —

(ii) True or False type .—

(ক) তবলেব কোন ক্ষেত্রে প্রমাণ নাই; শুধু দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রমাণ আছে। —

(খ) দুইটি সমস্তব বিভিন্ন পদার্থ একই তাপমাত্রা হইলে বিভিন্ন তাপ থাকে বা একই তাপ দিলে বিভিন্ন তাপমাত্রা হয় ইত্যাদি দুইটির বিভিন্ন আপেক্ষিক তাপ নির্দেশ করে। —

(গ) ঘবেব তাপমাত্রা শিশিবাঙ্কে পৌঁছাইলে ঘবেব বায়ু উপস্থিত জলীয়-বাষ্প স্বাধা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে। —

(ঘ) বায়ুতে অধিক মাত্রায় জলীয়-বাষ্প থাকিলে জলেব বাষ্পায়নের হ্রাস হয়। —

(ঙ) বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকেব পার্থক্য এই যে আলোকেব তড়ঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিকীর্ণ তাপেব তড়ঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বৃহত্তর। —

B. Recall type :

- (ক) তরলেব স্ফুটনাঙ্ক তরলেব উপরকাব চাপবৃদ্ধিব কলে—পায়। —
- (খ) বিভিন্ন পদার্থেব দৈৰ্ঘ্যপ্ৰসাৰণ—। —
- (গ) নিয়ন্ত্ৰিতবাক ও উষ্ণ প্ৰিন্সিপলযেব মধ্যবতী তাপমাত্ৰাৰ ব্যবধানকে—বলে। —
- (ঘ) স্ফুটন পদ্ধতি খুণ ক্ৰত : কিন্তু বাষ্পায়ন পদ্ধতি খুণ—। —
- (ঙ) কঠিন পদার্থ যে পদ্ধতিতে উত্তপ্ত হয় তাকে—বলা হয়। —

(C) Completion type :

(ক) কোন পদার্থেব নিৰ্দিষ্ট ভবেব নিৰ্দিষ্ট—(a) বৃদ্ধিব জন্তু যে—(b) প্ৰয়োজন তাহ সম—(c) জলেব সম—(d) বৃদ্ধিব জন্তু প্ৰয়োজনীয়—(e) অপেক্ষা যতন্ত্ৰণ সেই অনুপাতকে ঐ পদার্থেব—(f) বলে।

—(a)—(b)—(c)—(d)—(e)—(f)

(খ) যে-প্ৰণালীতে কোন দ্ৰব্যেব—(a) অংশ হইতে শীতলতব অংশে—(b) গমন কবে অঞ্চ ইহাব জন্তু প্ৰত্যেক—(c) জুলিব কোন স্থান পৰিবৰ্তন হয় না, তাকে—(d) বলা হয়।

—(a)—(b)—(c)—(d)

(D) Multiple choice type :

(ক) কোন কঠিন পদার্থে তাপ ক্ৰত প্ৰবাহিত হইতে হইলে উহাব কি গুণ খাদ্য প্ৰয়োজন ?

উঃ। ভাল পৰিবাহী, পৰিবাহিতাঙ্ক বেশী, বেশী আপেক্ষিক তাপ।

(খ) গলনেব কলে যে-সমস্ত পদার্থেব আয়তন হ্ৰাস পায়, চাপ বৃদ্ধি কৰিলে উহাব গলনাঙ্কেব কিৰূপ পৰিবৰ্তন হয় ?

উঃ। বৃদ্ধি পায়, হ্ৰাস পায়, অপৰিবৰ্তিত থাকে।

(গ) কঠিন অবস্থা হইতে সৰাসবি বাষ্প পৰিণত হইবাব পদ্ধতিকে কি বলে ?

উঃ। বাষ্পায়ন, উষ্ণ পাতন, স্ফুটন।

(ঘ) 4°C তাপন হ্ৰাস জলেব কোন জিনিসটি সৰ্বাপেক্ষা বেশী হয় ?

উঃ। আয়তন, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আলোক-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

আলোকের ঋজুগতি ও ছায়ার উৎপত্তি

[Rectilinear motion of light and
formation of shadows]

1-1. আলোকের প্রকৃতি (Nature of light) :

পারিপার্শ্বিক জগতের সহিত আমাদের পরিচয় মূলত দৃষ্টি দ্বারা। চোখ মেলিলেই আমরা আমাদের চারিদিকে নানাবকম জিনিস দেখিতে পাই। কিন্তু শুধু চোখ থাকিলেই কি দেখা যায়? একটি অন্ধকাব ঘরে যদি চোখ মেলিয়া থাকি যাহ তবে কি ঘরের কোন জিনিস দেখা যায়? আবার পূর্ণ আলোকিত ঘরে চোখ বন্ধ করিয়া বাথিলেও কোন জিনিস দেখা যায় না। সুতরাং চোখ দ্বারা কিছু দেখিতে হইলে একটি বাহ্যিক কাণ প্রয়োজন। অর্থাৎ, বস্তু হইতে আলো যখন চোখে আসিয়া পড়ে তখনই আমাদের উক্ত বস্তু সম্পর্কে দর্শন অকুভূতি হয়। 'অতএব আলো-কে আমরা এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা (stimulus) বলিতে পারি যাহা চোখে কোন দ্রব্য সম্বন্ধে দর্শন অকুভূতি জাগায়।

তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির মত আলোকও একপ্রকার শক্তি। একটি ধাতব বলকে কয়লাব আগুনে উত্তপ্ত করিলে বলটি তাপশক্তি নির্গত করে। এস্থলে কয়লার রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে। বলটিকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলে এক সময় ইহা আলোক উৎপন্ন করিবে। তখন রাসায়নিক শক্তির খানিকটা অংশ আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তেমনি বৈদ্যুতিক বাতি জ্বলিলে বিদ্যুৎশক্তি অংশত আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এইসব উদাহরণ হইতে আমরা বলিতে পারি যে আলোকও একপ্রকার শক্তি।

আলো বস্তুকে দৃশ্যমান করে ; কিন্তু নিজে অদৃশ্য। আমরা আলো দেখিতে পাই না কিন্তু আলোকিত বস্তুকে দেখি। কথাটা হয়তো তোমাদের কাছে একটু জটিল বোধ হইতে পারে। তোমরা বলিবে যে, সকাল বেলায় রৌদ্রের

আলো যখন ঘরের বাবান্দার আসিয়া পড়ে তখন তুমি আমরা আলোই দেখি। কিন্তু একটু ভাবিলেই বুঝিতে পারিবে যে, যাহা দেখ তাহা আলো নয়—আলো দ্বারা উজ্জ্বল বারান্দার কিছু অংশ। বাত্ৰিবেলা মোটরবেগ হেড্-লাইট আলিয়া দিলে বহুব পথন্ত আলোকিত হয়। প্রথমে মনে হইতে পারে যে, ঐ ত' আলো দেখা গেল। কিন্তু তাহা ঠিক নয়। অসংখ্য ধূলিকণার উপর আলো পড়িয়া সহসা উহা আশ্রিত দৃষ্টিগোচর হইল বলিয়া আমরা ঐ আলোকিত ধূলিকণাগুলিই দেখি, আলো দেখি না।

কাজেই স্বরণ রাখিবে যে অত্যাশ্চর্য শক্তির গ্রাফ আলোকশক্তিও অদৃশ্য।

আলোক একস্থান হইতে অন্যস্থানে তরঙ্গের আকারে বিস্তৃত হয়। আলোকের তরঙ্গ ত্রিযক (transverse) এবং ইহাৰ দৈর্ঘ্য খুব ক্ষুদ্র। আলোকের গতি সেকেন্ডে প্রায় 1,86,000 মাইল।

1-2 আলোক বিজ্ঞান সম্বন্ধে কয়েকটি সংজ্ঞা :

(1) আলোক-প্রভব (Source of light)

যে-বস্তু আলোক প্রদান করিতে পারে তাহাকে আলোক-প্রভব বলে। তাহাদেব ভিতর এত প্রকার বস্তু আছে যাহাৰ নিজ হইতে আলোক বিবৰ্ণ করিতে পারে। যেমন—সূর্য, নক্ষত্র, জলন্ত বাৰ্ণ, ইত্যাদি। তাহাদেব বলা হয় স্বপ্রভ (luminous) বস্তু।

তাহাব, অর্থাৎ এত প্রকারেব বস্তু আছে যাহাৰ স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলোক গ্রহণ করিয়া পবে সেই আলোক বিবৰ্ণ করে। তাহাদেব বলা হয় অপ্রভ (non-luminous) বস্তু। চাঁদ অপ্রভ বস্তু। চাঁদেব নিজের কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো পাইয়া চাঁদ আলো বিকিরণ করে। বেশীভাগ বস্তুই অপ্রভ। চেঁদাৰ, টোবল পর্জিত পাবশাৰিক দৃশ্যমান বস্তু স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলো গ্রহণ করিয়া দৃষ্টিগোচর থাকে।

আলোক-বিজ্ঞান আলোচনা করিতে গিয়া আমরা বিন্দু প্রভব (point source) ও বিস্তৃত প্রভবেব (extended source) কথা বলিব। বিন্দু-প্রভব বলিতে জ্যামিতিক বিন্দু বুঝাবে এবং বিস্তৃত প্রভব বলিতে এমন বস্তু বুঝাইবে যাহাৰ কিছু আকার (size) আছে, একথা মনে রাখিতে হইবে, আকারবিহীন বিস্তৃত প্রভবকে অসংখ্য বিন্দু প্রভবেব সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

(2) আলোক-মাধ্যম (Optical medium) :

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো চলাচল করিতে পারে তাহাকে আলোক-মাধ্যম বলা হয়।

এই মাধ্যম যদি এমন হয় যে আলো চতুর্দিকে সমান গতিতে যায় তবে ঐ মাধ্যমকে সমসত্ত্ব (homogeneous) মাধ্যম বলা হয়। যেমন—বায়ু, জল, কাচ ইত্যাদি সমসত্ত্ব মাধ্যম।

যে-সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো অতি সহজে যাতায়াত করিতে পারে তাহাকে স্বচ্ছ (transparent) মাধ্যম বলে। যেমন, কাচ, জল ইত্যাদি।

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো মোটেই যাইতে পারে না, তাহাকে অস্বচ্ছ (opaque) মাধ্যম বলে। যেমন—পাথর, লোহা ইত্যাদি।

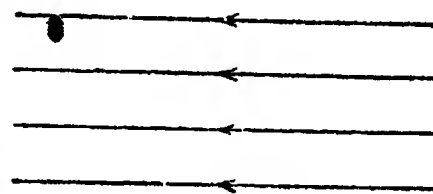
আবার যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো আংশিকভাবে যাইতে পারে তাহাকে ঈষৎ স্বচ্ছ (translucent) মাধ্যম বলা হয়। যথা কাচ, তেলা কাগজ ইত্যাদি ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যমের উদাহরণ।

(3) আলোক-রশ্মি ও রশ্মিগুচ্ছ (Ray of light and a beam of light) :

কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলো সরলবেগে চলাচল করে। সুতরাং একটি সরলরেখা আলোকরশ্মির পথকে বুঝাইয়া দিবে। ঐরূপ অসংখ্য আলোকরশ্মি মিলিয়া এক রশ্মিগুচ্ছ সৃষ্টি করে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে একটি রশ্মি সৃষ্টি করা সম্ভব নয়। প্রভব যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহা হইতে সর্বদা রশ্মিগুচ্ছ বিকীর্ণ হইবে।

রশ্মিগুচ্ছ তিন প্রকার হইতে পারে। যথা : (1) সমান্তরাল (parallel), (2) অপসারী (divergent) ও (3) অভিসারী (convergent)।

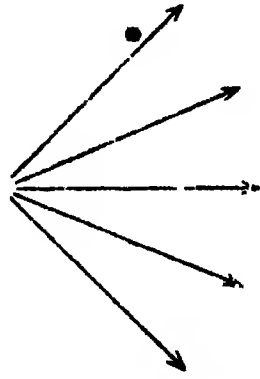
সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল (1 ক নং চিত্র)। বহুদূরে অবস্থিত কোন প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছকে আমরা সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বলিতে পারি। যেমন, সূর্য হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল।



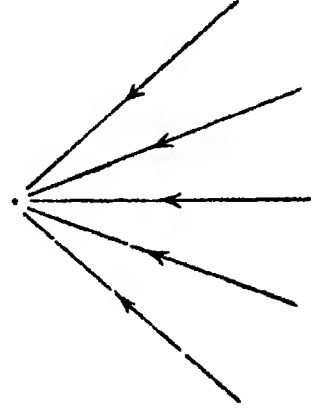
সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র 1 ক

তাছাড়া, লেন্স বা গোলীয় দর্পণ (spherical mirror) দ্বারাও কৃত্রিম উপায়ে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়ারী করা যায়।

যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ শঙ্কুর (conical) আকারে এমনভাবে ছড়াইয়া পড়ে যে প্রভব উক্ত শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু, তখন ঐ রশ্মিগুচ্ছকে অপসারী রশ্মিগুচ্ছ বলে (1 খ নং চিত্র)।



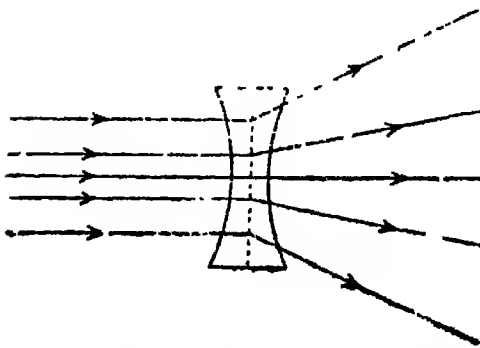
অপসারী রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র 1খ



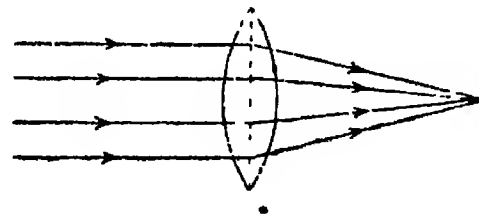
অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ
চিত্র 1গ

আবার, যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ এমনভাবে আসে যে তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত হয়, তখন তাহাকে অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ বলে (1গ নং চিত্র)।

একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে অবতল (concave) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে, উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (1ঘ নং চিত্র) এবং উক্তল



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অপসারী
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল
চিত্র 1ঘ



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী
রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল
চিত্র 1ঙ

(convex) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে উহা অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (1ঙ নং চিত্র)।

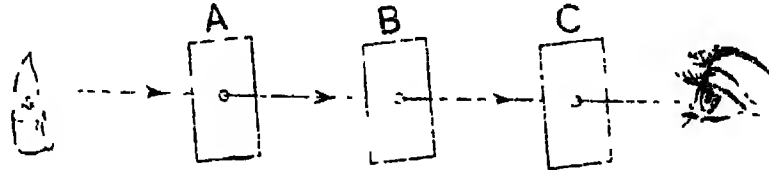
1-3. আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা (Demonstration of rectilinear motion of light) :

আমাদের নানারকম সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানিতে পারি যে আলোকের গতি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া হয়। অন্ধকার রাস্তায় মোটর গাড়ীর হেড্‌ লাইট হইতে আলো ফেলিলে দেখা যায় যে উহা সরলরেখায় যায়। একটি অন্ধকার ঘরের জানালায় একটি ছোট ছিদ্র করিলে রৌদ্র যখন ঐ ছিদ্র দিয়া ঘরে প্রবেশ করে তখন ঘরের বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণাগুলি রৌদ্র দ্বারা আলোকিত হয় এবং তখন স্পষ্ট বোঝা যায় আলো সরলরেখায় চলে। ভাঙ্গা ভাঙ্গা মেঘের ফাঁক দিয়া যখন সূর্যকিরণ বাহির হয় তখন ঐ আলো সরল বেধা ববাবব চলে।

পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাদ্বারা আলোকের ঋজুগতির সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

পরীক্ষা :

(1) A, B, C তিনটি শক্ত কাগজের বোর্ড। উহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি কবিতা ছোট ছিদ্র আছে। এহ তিনটি বোর্ড এমনভাবে সাজাও যে ছিদ্র তিনটি এবং একটি মোমবাতির শিখা একই সরল রেখায় থাকে (1চ নং চিত্র)। এখন C বোর্ডের অপর পার্শ্বে চোখ রাখিয়া ছিদ্র তিনটির ভিতর দিয়া



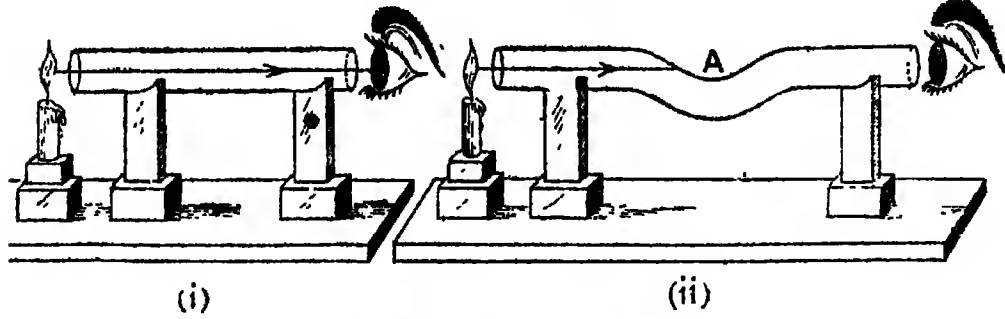
চিত্র 1চ

আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা

শিখা লক্ষ্য কর। দেখিবে যে শিখা দেখিতে গেলে চোথকে ছিদ্র তিনটির সহিত একই সরলরেখায় রাখিতে হইতেছে।

এখন যে-কোন একটি বোর্ডকে উপর-নীচ অথবা পাশে একটু সরাইলে আর শিখা দেখা যাইবে না। ইহার কারণ এই যে, আলো স্থানচ্যুত বোর্ড কর্তৃক বাধা পাইবে। ইহা প্রমাণ কবে যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে। যদি আলো বক্ররেখায় যাইতে পারিত তবে অন্যাসে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্র দিয়া আসিয়া চোখে পৌছাইত।

- (2) একটি দুই ইঞ্চি মুখের ফুট তিনেক লম্বা কাঁপা নল সংগ্রহ কর এবং অবলম্বনের সাহায্যে টেবিলের উপর অনুভূমিক অবস্থায় বসায়। নলের এক



আলোকের গুণগতির পরীক্ষা

চিত্র 1ছ

মুখের সামনে একটি মোমবাতি রাখ এবং অপব মুখে চোখ বাগিয়া মোমবাতির শিখা দেখিতে চেষ্টা কর [চিত্র নং 1ছ (i)]। দেখিবে শিখা দেখিতে কোন অসুবিধা হইতেছে না, কাব্য শিখা হইতে আলোকরশ্মি সবল দেখায় নল ববাবর গিয়া চোখে পৌছাইতেছে।

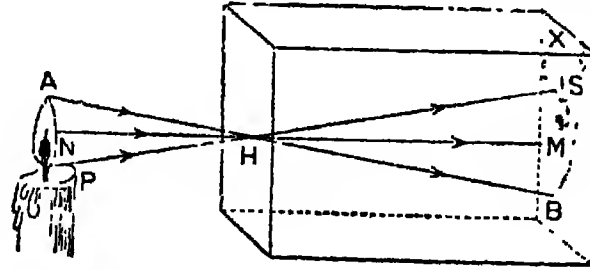
এবার পূর্বের মত আর একটি নল সংগ্রহ কর, কিন্তু এই নলটির মধ্যস্থল খানিকটা বাকানো থাকিবে [চিত্র নং 1ছ (ii)]। এইবার পূর্বের মত ব্যবস্থা করিয়া শিখা দেখিতে চেষ্টা কর। শিখা দেখা যাইবে না। এস্থলে আলোক-বশ্মি শিখা হইতে সবল দেখায় গিয়া নলের বক্রস্থান A বিন্দুতে আটকাইয়া যাইবে এবং আর অগ্রসর হইতে পারিবে না। আলোকবশ্মি বক্রপথে যাইতে সক্ষম হইলে অন্যায়সে নলের বক্রস্থান ঘূরিয়া চোখে পৌছাইতে পারিত। সুতরাং এই পরীক্ষাগুলি হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে আলো সবলরেখায় চলে।

1-4. সূচীছিদ্র ক্যামেরা (Pin-hole camera) :

এই ক্যামেরার কার্য-পদ্ধতি দ্বারা প্রমাণ হয় যে আলো সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলাচল করে।

1ছ নং চিত্রে একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছবি দেখানো হইল। এই ক্যামেরা একটি আয়তাকার (rectangular) বাক্সের তৈয়ারী। বাক্সের সম্মুখতল কার্ডবোর্ডের তৈয়ারী এবং ইহাতে একটি সূচী-ছিদ্র H আছে এবং বিপরীত তল X একটি ঘষা কাচের প্লেটে তৈয়ারী। বাক্সের অভ্যন্তর কালো রং করা থাকে। ইহাতে আলোর প্রতিফলন বন্ধ হয়। সূচী-ছিদ্রের সম্মুখে কোন জিনিস রাখিলে ঘষা-কাচের উপর উহার উল্টা ছবি পড়িবে।

ধরা বাউক, ছিত্রের সম্মুখে একটি মোমবাতি দাড়া করানো আছে (1 জন চিত্র)। মোমবাতির শিখার যে-কোন জায়গা হইতে—ধর, A বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি চতুর্দিকে গমন করিবে ; কিন্তু যে-রশ্মি সোজা হুজি ছিত্রের ভিতর দিয়া বাইতে পারিবে, যেমন AH রশ্মি—তাহাই B বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। তেমনি N এবং P বিন্দু হইতে রশ্মি নির্গত হইয়া



সূচী-চিত্র ক্যামেরা

চিত্র 1 জ

সোজা হুজি ছিত্র দিয়া যথাক্রমে M এবং S বিন্দুতে প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। এইরূপে সমগ্র শিখার উল্টা প্রতিকৃতি ঘণা কাচের উপর পড়িবে। যদি ঘণা কাচের পবিত্রতে ফটোগ্রাফী-প্লেট রাখা যায় তবে প্লেটে শিখাও ছবি উঠিবে। সুতরাং ইহা হইলে প্রমাণ হয় যে আলো সরল-বেথায় চলে।

[**দ্রষ্টব্য :** সূচী-চিত্র ক্যামেরাতে বস্তুর যে ছাঁচ দেখা যায় উহাকে প্রতিবিম্ব (image) বলা চলে না। প্রতিবিম্ব কিরূপে সৃষ্টি হয় তাহা পবে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(ক) সূচী-চিত্র ক্যামেরা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :

(1) যদি ক্যামেরার ছিত্র বড় করা যায় তবে প্রতিকৃতি অস্পষ্ট হইবে। কাবণ বড় ছিত্র অনেকগুলি ছোট ছোট ছিত্রের সমষ্টি বলিয়া ধরা বাইতে পারে। প্রত্যেক ছিত্রই এক একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি করিবে এবং এই প্রতিকৃতিগুলি একে অপরের উপর পড়িয়া আসল প্রতিকৃতি অস্পষ্ট করিয়া দিবে। যদি ছিত্র খুব ছোট হয় তবে প্রতিকৃতির সীমারেখা (outline) খুব স্পষ্ট হইবে।

(2) ছিত্রের আকৃতির (shape) উপর প্রতিকৃতি নির্ভর করিবে না যতক্ষণ পর্যন্ত ছিত্রটি খুব ছোট থাকে।

(3) যে-বস্তুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী হইবে তাহা যদি ছিত্র হইতে দূরে সরাইয়া লওয়া হয় তবে প্রতিকৃতির সাইজ ছোট হইয়া বাইবে।

(4) যদি বস্তুর দূরত্ব ঠিক রাখিয়া ঘষা-কাচ অর্থাৎ পর্দা ছিদ্র হইতে দূরে সরানো যায় তবে প্রতিকৃতির সাইজ বৃদ্ধি পাইবে।

বস্তু এবং প্রতিকৃতির সাইজের সহিত সূচী-ছিদ্র হইতে উহাদের দূরত্বের নিম্নলিখিত সম্পর্ক আছে :

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে প্রতিকৃতির দূরত্ব}}$$

উদাহরণ :

(1) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 6 inches, কোন মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্য-সম্পন্ন প্রতিকৃতি পদায় গঠন করিতে হইলে মানুষটি ক্যামেরা হইতে কতদূরে দাঁড়াইবে ?

[In a pin-hole camera, the screen is at a distance of 6 inches from the hole. How far must a man stand from the camera so that an image half the size of the man may be formed on the screen ?]

উ। আমরা জানি,

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব}}$$

এক্ষেত্রে, প্রতিকৃতির সাইজ বস্তুর সাইজের অর্ধেক হইবে এবং ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব = 6 inches.

$$\text{অতএব, } 2 = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{6}$$

$$\therefore \text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব} = 6 \times 2 \text{ inches} \\ = 1 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ, লোকটি ক্যামেরা হইতে 1 ft. দূরে দাঁড়াইবে।

(2) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে কোন একটি বাড়ীর 1.5 inches উচ্চ প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইল। সূচী-ছিদ্র হইতে পর্দা এবং বাড়ীর দূরত্ব যথাক্রমে 2.6 inches এবং 91 ft. হইলে বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[The image of a building as seen in a pin-hole camera is 1.5 inches. If the distance of the screen and the building from the pin-hole be 2.6 inches and 91 ft. respectively, find the height of the building.]

উ। আমরা জানি,

বস্তুর সাইজ বা উচ্চতা = ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব
প্রতিকৃতির সাইজ বা উচ্চতা ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব

$$\text{এক্ষেত্রে, বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91}{1.5} = \frac{2.6}{12}$$

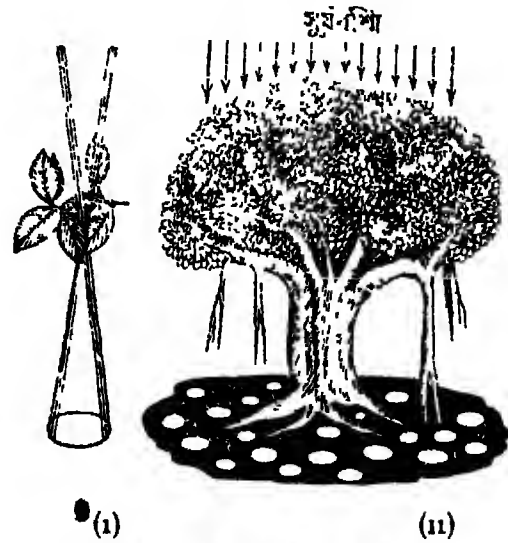
$$\therefore \text{বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91 \times 1.5}{2.6} \text{ ft} = 52.5 \text{ ft.}$$

(খ) গাছের নীচে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্রের (patches of light) উৎপত্তি :

সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার কার্যপ্রণালী হইতে আমরা বুঝিতে পারিলাম যে বস্তু হইতে আলোকবশি কোন ছিদ্রের ভিতর দিয়া গিয়া কোন অস্বচ্ছ পর্দার উপর পড়িলে পর্দার উপর বস্তু একটি প্রতিকৃতি দেখা যায়। এই ঘটনার অনুরূপ ঘটনা ঘটে পত্রবহুল কোন গাছের ছায়ার ভিতরে। ছায়া লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহাব ভিতরে স্থানে স্থানে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্র

(circular and elliptical patches of light) গঠিত হইয়াছে [চিত্র নং 1খ (ii)]। গোল আলোকচক্রগুলি সূর্যের প্রতিকৃতি এবং উহারা সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ন্যায় অন্তর্ভুক্ত গঠিত হয়। গাছের পাতাগুলি অস্বচ্ছ। কিন্তু কতগুলি পাতার মাঝে ছোট ছোট ফাঁক থাকিয়া যায়। গাছের উপর সূর্যবশি পড়িলে, রশ্মি ঐ ছোট ফাঁক দিয়া মাটিতে পৌছায় এবং

সূর্যের প্রতিকৃতি তৈয়ারী করে [চিত্র নং 1খ (i)]। তাই, ঐ স্থানে গোলাকাকার আলোকচক্র দেখিতে পাওয়া যায়। ছিদ্রগুলি ছোট হইলে উহাব আকারের উপর প্রতিকৃতির আকার নির্ভর করে না। সূর্যের খণ্ডগ্রহণের সময় যখন সূর্যের আকার কাস্তুর মত বাঁকা হয় তখন এই আলোকচক্রগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহারাও বাঁকা হইয়াছে।



(i) পত্রবহুল গাছের ছায়াব আলোকচক্র

চিত্র 1খ

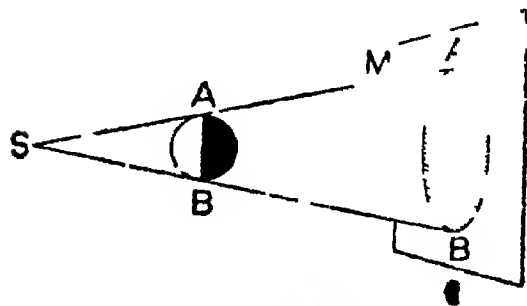
যদি পাতার ফাঁকের ছিদ্রগুলি আকারে বড় হয় তখন আর ঠিক ঠিক প্রতিফলিত হয় না। কারণ বড় ছিদ্র অসংখ্য ছোট ছিদ্রের সমষ্টি হওয়ায় অনেকগুলি প্রতিফলিত হয় হইবে এবং উহাও এক সঙ্গে মিলিয়া কিছু আলোকিত অংশের সৃষ্টি করিবে। এই অংশগুলির আকার ছিদ্রের আকারের অনুরূপ হইবে। ছিদ্রগুলি ডিম্বাকৃতি হইলে এই আলোকিত অংশগুলিও ডিম্বাকৃতি হইবে। তাছাড়া, সূর্যবশি লম্বভাবে না পড়িয়া আনতভাবে পাতার ছোট ফাঁক দিয়া মাটিতে পড়িলেও ডিম্বাকৃতি আলোকিত অংশ দেখা যাইবে।

1-5 ছায়ার উৎপত্তি (Formation of shadow):

অস্বচ্ছ বস্তু ছায়া হয় তাহা তোমরা জান। আলোক স্রোতে কোন অস্বচ্ছ বস্তু ধরিলে দেওয়ালে তাহার ছায়া পড়ে তাহা সকলেই দেখিয়াছে। আলো যে সরলরেখায় চলে ছায়া তাহার প্রকৃষ্ট প্রমাণ। যদি আলো আকারে বড় হয় তাহলে ছায়াও বড় হয়। আলোক উৎস ও বস্তু অস্বচ্ছ আলোক উৎস উপর নিম্নে আলোকিত ও প্রভাতি ভিন্ন ভিন্ন হইতে পারে। নিম্নে আলোক উৎস ও বস্তু।

(1) বিন্দু আলোক প্রভাতি ও নিম্নে অস্বচ্ছ বস্তু (Point source and extended body):

S একটি বিন্দু আলোক উৎস, AB একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু, M একটি দর্পণ (19 নং চিত্র)। বিন্দু আলোক উৎস আলোকিত বস্তু চতুর্দিকে ছড়ায়। বিন্দু আলোক উৎস আলোকিত বস্তু AB বস্তু ধারণে ঘোঁষিয়া যাইবে—যেমন SA, SB প্রভাতি—উহাও। পদায় গিয়া পড়িবে। বিন্দু SAB শঙ্কু (cone) অস্বচ্ছ বস্তু কোন বস্তু পদায় পৌঁছাইতে পারিবে না—কারণ উহারা AB বস্তু বড় বা বা প্রাপ্ত হইবে। অন্যান্য বস্তু পদায় পৌঁছাইয়া পদাকে আলোকিত করিবে, সূর্য আলোক উৎস A'B' অংশ সম্পূর্ণ অস্বচ্ছ থাকিবে এবং উহাও আকারে গোল হইবে। উহাই হইল AB বস্তু ছায়া। পদা দূরে সরাইয়া লইলে ছায়াও কমে যাইবে।



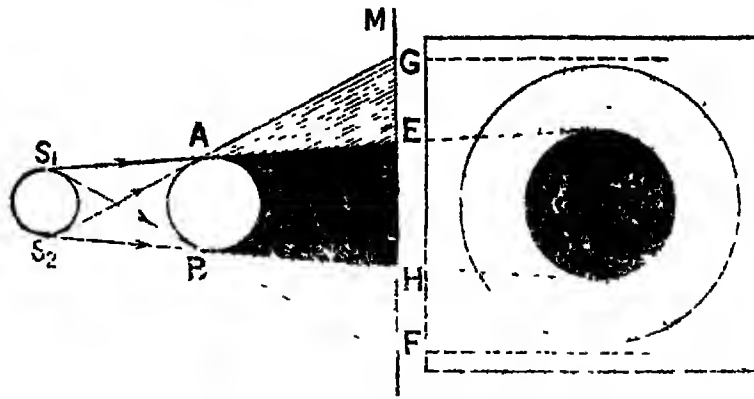
চিত্র 1৭৫
উৎপত্তি

কিন্তু আলোক উৎস ও বস্তু (Point source and extended body):

(২) বিস্তৃত আলোক প্রভব ও আলোক প্রভব হইতে বড় অস্বচ্ছ বস্তু (Extended source and object greater than the size of the source):

$S_1 S_2$ একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব। AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা। AB বস্তুর আকার আলোক প্রভব হইতে বড় (১ট নং চিত্র)।

বিস্তৃত আলোক প্রভব $S_1 S_2$ -কে আমরা বহু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু আলোক প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরিতে পারি। মনে কর S_1 এবং S_2 ঐরূপ দুইটি প্রান্ত (extreme) বিন্দু প্রভব।



প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া

চিত্র ১ট

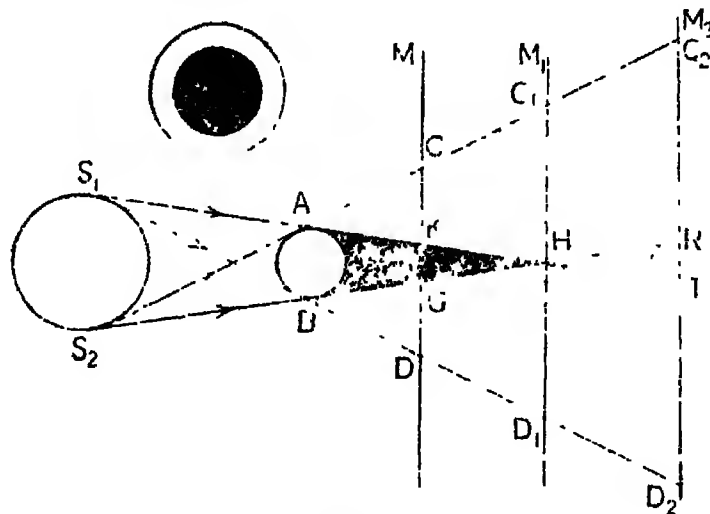
এখন S_1 বিন্দু হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B রেখাধারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌঁছাইতে পারিবে না। সুতরাং উহার E হইতে F পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি করিবে। তেমনি সন্নিহিত বিন্দু S_2 হইতে নির্গত ও S_2A এবং S_2B রেখাধারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-শঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও পর্দায় পৌঁছাবে না। ফলে G হইতে H পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি হইবে। আলোক-প্রভবের অগ্রান্ত মধ্যবর্তী বিন্দুধারা AB -র যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহা G এবং F -এর মধ্যে অবস্থিত হইবে। সুতরাং পর্দায় AB বস্তুর যে সাধারণ ছায়া হইবে তাহা G হইতে F পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে। কিন্তু এই সাধারণ ছায়ার সর্বত্র অন্ধকারের গাঢ়তা এক নয়। লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে EH অংশে S_1 বা S_2 অথবা ইহাদের মধ্যবর্তী কোন বিন্দু হইতে আলো পৌঁছায় না। সুতরাং এই অংশের অন্ধকার সর্বাপেক্ষা গাঢ় হইবে। এই অংশকে প্রচ্ছায়া (umbra) বলে। কিন্তু EG বা HF অংশ তত অন্ধকার নয়—কারণ EG অংশে প্রভবের

তলার দিক হইতে কোন আলো পৌঁছায় না ; কিন্তু প্রভবের উপরের দিক হইতে আলো পৌঁছাইবে। তেমনি HF অংশে প্রভবের উপর হইতে কোন আলো পৌঁছায় না কিন্তু তলার দিক হইতে আলো পৌঁছায়। সুতরাং EG এবং HF অংশ আংশিক অন্ধকারে থাকিবে। এই আংশিক অন্ধকারযুক্ত অংশগুলিকে উপচ্ছায়া (penumbra) বলে। 1ট নং চিত্রের ডানদিকে ছায়ার সম্পূর্ণ প্রকৃতি দেখানো হইল। উহার মধ্যস্থলে গাঢ় অন্ধকারাচ্ছন্ন গোলাকার প্রচ্ছায়া এবং উহার চতুর্দিক বেষ্টন করিয়া গোলাকার আংশিক অন্ধকারাচ্ছন্ন উপচ্ছায়া।

প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া লক্ষ্য কবিলে বোঝা যায় যে পদা দূবে সরাইলে
প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া উভয়েই আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

(3) বিস্তৃত আলোক প্রাভব ও ক্ষুদ্রতর অস্বচ্ছ বস্তু (Extended source and smaller object) :

$S_1 S_2$ একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব এবং AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু।
আলোক প্রভবের সাইজ AB বস্তুব চাইতে বড়। M একটি পর্দা (1 $\frac{1}{2}$ নং চিত্র)



१५

পূর্বের লায় বিস্তৃত প্রভবকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। মনে কর S_1 এবং S_2 এরূপ দুইটি প্রান্ত বিন্দু-প্রভব।

এখন S_1 বিন্দু প্রভাব হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B সরলরেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌঁছাইবে না। ফলে পর্দায় K হইতে D পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি হইবে।

তেমনি S_1A ও S_2B বেধা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। সুতরাং তাহাবাও পর্দায় পৌঁছাইবে না এবং G হইতে C পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি করিবে।

S_1 এবং S_2 বিন্দুর মধ্যবর্তী অত্যাশ্রিত আলোক বিন্দু যে-ছায়াগুলির সৃষ্টি করিবে তাহা C এবং D -র ভিতর অবস্থান করিবে। অর্থাৎ C হইতে D পর্যন্ত AB বস্তুর সাধারণভাবে ছায়া সৃষ্টি হইবে।

এখানেও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে KG অংশে আলোক প্রভাবের কোন বিন্দু হইতেই আলো পৌঁছায় না। সুতরাং KG অংশকে প্রচ্ছায়া বলা যাইতে পারে। আর KC অথবা GD অংশে আংশিকভাবে আলো পৌঁছায়। সুতরাং উহাবা উপচ্ছায়া।

আরও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রচ্ছায়া অংশ একটি অভিসারী (converging) এবং উপচ্ছায়া অংশ একটি অপসারী (diverging) শঙ্কু তৈয়ারী করে—অর্থাৎ পর্দা দূবে সবাইয়া লইলে প্রচ্ছায়া অংশ ক্রমশ কমিয়া আসিবে কিন্তু উপচ্ছায়া অংশ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

যদি পর্দাকে M_1 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে প্রচ্ছায়া একটি বিন্দুতে (H) পরিণত হয়। যদি আরও সবাইয়া M_2 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে আর প্রচ্ছায়া থাকিবে না। ইহার পরিবর্তে একটি বিপরীত অপসারী (diverging) শঙ্কু HRT সৃষ্টি হইবে। এক্ষণে অবস্থায় RT অংশে প্রভাবের পরিধির (peripheral) নিকটস্থ অংশ হইতে কিছু কিছু আলো আসিয়া উপচ্ছায়াব সৃষ্টি করিবে। সুতরাং R এবং T -এর মধ্যবর্তী যে-বোন অংশ হইতে প্রভাবের দিকে তাকাইলে AB বস্তুকে সম্পূর্ণ অন্ধকাবাচ্ছন্ন দেখাটাবে কিন্তু তাহাব চতুর্দিকে আলোকিত অংশ দেখা যাইবে (18 নং চিত্রের উপরে যেমন দেখানো হইয়াছে)। পর্দা আরো দূবে সবাইয়া লইলে উপচ্ছায়াব অন্ধকাবের গাঢ়তা হ্রাস পাইতে থাকিবে। অবশেষে পর্দায় আলো ও ছায়াব পার্থক্য আর বোঝা যাইবে না।

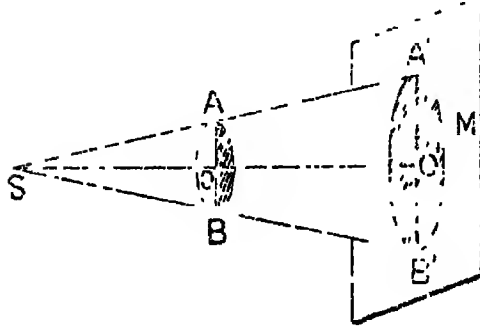
এই প্রসঙ্গে বলা যাইতে পারে যে গাছের পাতার ছায়া যখন মাটিতে পড়ে তখন প্রচ্ছায়া ও পাতলা উপচ্ছায়া লক্ষিত হয়। এখানে সূর্য আলোক-প্রভাব, পাতা অন্ধচ্ছন্ন বস্তু ও মাটি পর্দা। পাতা ও মাটির দূরত্ব কম বলিয়া এবং সূর্য বহু দূরে থাকায় প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া দুই-ই দেখা যায়। তেমনি যখন এবোপেন

বা পাখী নীচু দিয়া উড়িয়া যার তখন মাটিতে উহার ছায়া পড়ে কিন্তু ক্রমশ উড়ে উঠিলে (অর্থাৎ পর্দা হইতে বস্তুর দূরত্ব বাড়িতে থাকিলে) ছায়া পাতলা হইয়া অবশেষে অদৃশ্য হইয়া যায়।

উদাহরণ :

(1) একটি বিন্দুপ্রভব হইতে 1 ft. দূরে 4 inches ব্যাসযুক্ত একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে এবং বস্তুটির কেন্দ্র হইতে 1 ft. দূরে একখানি পর্দা আছে। পর্দার উপরে যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার ব্যাস কত ?

[An opaque circular object of 4 inches diameter is placed 1 ft. away from a point source and a screen is placed 1 ft. away from the centre of the object. What is the diameter of the shadow formed on the screen ?]



উ। মনে কর, S বিন্দু প্রভব, AB বস্তু এবং M পর্দার উপর A'B' বস্তুর ছায়া (চিত্র নং 1ড)। এখন SO = 1 ft. এবং OO' = 1 ft.
 \therefore SO' = 2 ft., AB = 4 inches
 আমরা লিখিতে পারি যে,

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{SO}{SO'}$$

$$\text{অথবা, } \frac{4}{A'B'} = \frac{1 \times 12}{2 \times 12}$$

$$\therefore A'B' = 8 \text{ inches.}$$

অর্থাৎ, ছায়ার ব্যাস = 8 inches.

(2) একটি অন্ধকার ঘরে 4 inches ব্যাসের একটি কাচের কুণ্ডের ভিতর একটি বৈদ্যুতিক বাতি রাখা আছে। উহা হইতে 6 inches দূরে একটি ধাতব বল আছে। বলটির ব্যাস 2 inches ; বলটির প্রচ্ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[In a dark room there is a hollow glass bulb of 4 inches diameter containing an electric light. A metallic ball of 2 inches diameter is placed such that its centre is at a distance

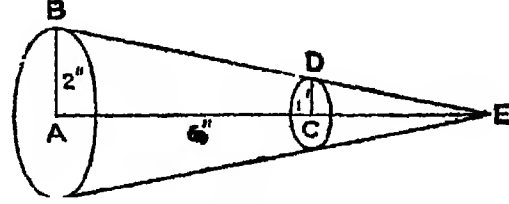
of 6 inches from the centre of the bulb. Find the length of the umbral cone of the shadow of the ball.]

উ। চিত্র নং 1৬ দেখ। B

হইল কাচের কুণ্ড, D ধাতব বল
এবং CE প্রচ্ছায়াব দৈর্ঘ্য।
প্রশ্ন হইতে আমবা লিখিতে পাবি,

$$AB = 2'', \quad CD = 1'',$$

$$AC = 6' \text{ এবং } CE = x \text{ (ধব)}$$



চিত্র 1৬

এখন, ABE এবং CDE ত্রিভুজদ্বয় সদৃশ বলিয়া,

$$\frac{AB}{AE} = \frac{CD}{CE} \text{ or, } \frac{2}{6+x} = \frac{1}{x} \text{ or } 2x = 6+x; \therefore x = 6'' \text{ in.}$$

অর্থাৎ প্রচ্ছায়াব দৈর্ঘ্য হইবে 6 inches.

1-6 গ্রহণ (Eclipses) :

অশুদ্ধ বস্তু বর্তক ভাষা সৃষ্টি করলে সূর্য বা চন্দ্রগ্রহণ হয়। অমাবস্তায় যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূর্য্য। মনে আসে তখন চাঁদের ভাষা পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে। আবার পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের দিকখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীর ভাষা চাঁদের উপর পড়িয়া চাঁদের চন্দ্রগ্রহণ হয়। কাজেই সূর্যগ্রহণের বেলাতে চাঁদ অশুদ্ধ বস্তু কাজ করে এবং চন্দ্রগ্রহণের বেলাতে পৃথিবী অশুদ্ধ বস্তু কাজ করে। দুই গ্রহণ কি কবিয়া সংঘটিত হয় নিম্নে তাহাব আলোচনা করা হইল।

[উল্লেখ্য : পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব ৯৩,০০,০০০ মাইল, চন্দ্রের দূরত্ব ২৩৮,০০০ মাইল এবং সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের ১০০ গুণ। পৃথিবীর ছায়াব প্রচ্ছায়া অংশ ১৬০,০০০ মাইল দীর্ঘ এবং ইহা চন্দ্র ছাড়াই বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত।

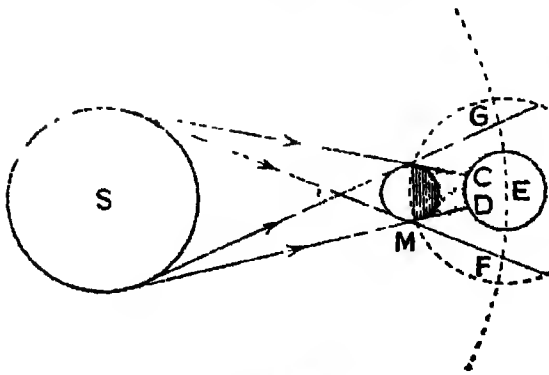
এই দুই বস্তুই এত অধিক যে স্বল্প পৰিসরে কোন কেল অসুখ্য ছবি আঁকা সম্ভব নহে। তাই ১ম হইতে ১৫ পর্যন্ত চিত্রগুলি কোন স্বেদ অসুখ্য আঁকা হয় নাই।]

সূর্যগ্রহণ :

সূর্যগ্রহণ তিন বকমেব হইতে পারে। যথা :—(১) পূর্ণ গ্রহণ, (২) খণ্ড গ্রহণ ও (৩) বলয় গ্রহণ।

নিম্নে দেব কক্ষপথে পরিভ্রমণ কবিত্তে কবিত্তে অমাবস্তায় যখন পৃথিবী (E) ও সূর্যের (S) মাঝখানে চাঁদ (M) আসে (১ম নং চিত্র) তখন সূর্য হইতে আলোকরশ্মি অশুদ্ধ চাঁদ কর্তৃক বাধাগ্রস্ত হইয়া ছায়াব সৃষ্টি করে। এই

ছায়ার CD অংশ প্রচ্ছায়া এবং CG ও DF অংশ উপচ্ছায়া। চাঁদের



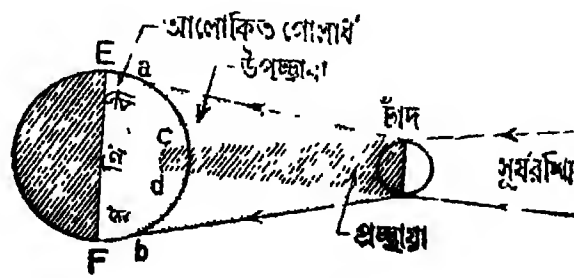
সূর্যগ্রহণ

চিত্র 1গ

ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ পৃথিবীর যে-জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কোন অংশই দেখিতে পায় না এবং CG বা DF অংশ পৃথিবীর যে-সব জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কিছু অংশ দেখিতে পায়। CG অংশের লোক সূর্যের উপরিভাগ দেখিবে এবং DF অংশের লোক সূর্যের

নিম্নভাগ দেখিবে। সুতরাং CD অংশের লোকের নিকট সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (total eclipse) ও CG বা DF অংশের লোকের নিকট সূর্যের খণ্ড গ্রহণ (partial eclipse) হইবে। চাঁদ পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট বলিয়া চাঁদের ছায়াও খুব ছোট। এই কারণে পৃথিবীর খুব কম অংশ চাঁদের প্রচ্ছায়ার মধ্যে পড়ে। সুতরাং পৃথিবীর খুব অল্প জায়গা হইতে সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ দেখা যায়। তা'ছাড়া, চাঁদের ছায়া দৈর্ঘ্যে ছোট হওয়ায় পৃথিবীর সমস্ত আলোকিত গোলার্ধকে (illuminated hemisphere) আবৃত করিতে পারে না। ফলে আলোকিত গোলার্ধের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাওয়া যায় না।

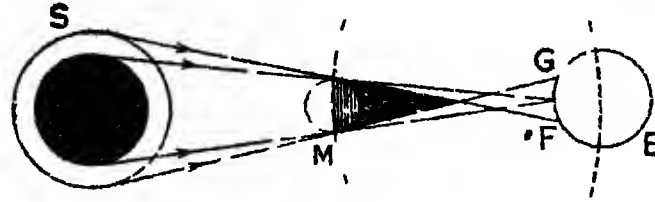
চিত্র নং 1ত লক্ষ্য কর। ঐ চিত্রে ab অংশ চাঁদের ছায়ার উপচ্ছায়া। উহা পৃথিবীর আলোকিত গোলার্ধের কিছু অংশ আবৃত করিয়াছে। কাজেই ঐ গোলার্ধের বাকী অংশ হইতে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে না।



চিত্র নং 1ত

নিজ নিজ কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে চাঁদ ও পৃথিবীর ভিতরকার দূরত্বের পরিবর্তন হয়। সময়-ভেদে উহাদের দূরত্বের এই তারতম্য হওয়ায় অনেক সময় এমন হয় যে চাঁদের প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে স্পর্শ করিবার পূর্বেই শেষ হইয়া যায়। তৎপরিবর্তে উহাকে বাড়াইয়া যে বিপরীত অপসারী শঙ্কু হয়

তাহা পৃথিবীর দিকে আসে। 1খ নং চিত্রে পৃথিবীর GF অংশে এই আলো স্পর্শ করিয়াছে। সুতরাং পৃথিবীর এই স্থানে অবস্থিত লোকেরা সূর্যের দিকে



সূর্যের বলয়গ্রহণ

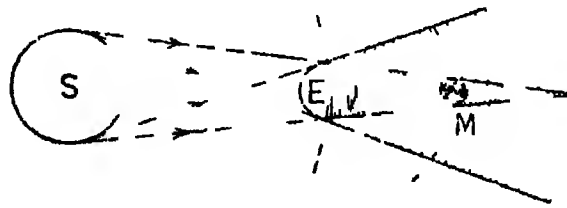
চিত্র 1খ

তাহাইলে সূর্যের মাঝখানে একটি অন্ধকারাবৃত বৃত্তাকার অংশ ও উহা চতুর্দিকে একটি আলোকের বেষ্টনী দেখিতে পাইবে। এই ধবনের গ্রহণকে বলয় গ্রাস বা গ্রহণ (annular eclipse) বলে।

চন্দ্রগ্রহণ :

সামান্য জানি যে চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো চন্দ্র বর্তন প্রতিক্রিয়া হয়। লিখা চন্দ্রকে উজ্জ্বল দেখায়। পৃথিবীর চন্দ্র ও সূর্য মাঝখানে পৃথিবী অবস্থিত হয়।

নিজ নিজ কক্ষপথে পবিত্রকরণ কবিত্তে কবিত্তে পৃথিবীর যখন চাঁদ (M) ও সূর্য (S) মাঝখানে পৃথিবী (E) আসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর ছায়া চন্দ্রের উপর গিয়া পড়ে (1দ নং চিত্র)। যখন চাঁদ পৃথিবীর প্রচ্ছায়া কর্তৃক সম্পূর্ণ আবৃত হয় তখন উহা আব দৃষ্ট হইবে না। তখন চন্দ্রের পূর্ণগ্রহণ হয়। আব যদি চন্দ্রের কিছু অংশ প্রচ্ছায়া কর্তৃক এবং কিছু অংশ উপচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয় তবে চন্দ্রের খণ্ডগ্রাস হয়।



চন্দ্রগ্রহণ

চিত্র 1দ

পৃথিবীর প্রচ্ছায়াব ভিতর সম্পূর্ণ প্রবেশে পূর্বে চন্দ্রকে পৃথিবীর উপচ্ছায়াব ভিতর প্রবেশ কবিত্তে হয়। উপচ্ছায়া অংশে সূর্য হইতে কম আলো পৌছায়।

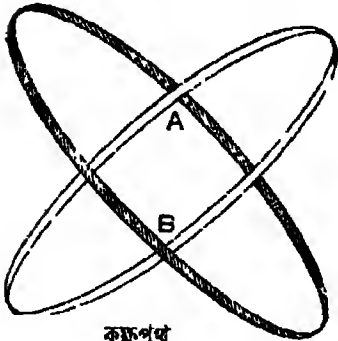
এই কারণে চন্দ্র গ্রহণ শুরু হইবার কিছু পূর্বেই উহাকে ঝানিকটা রান দেখায়। ঠিক একই কারণে গ্রহণ সম্পূর্ণ ছাড়িবার পরও চাঁদকে কিছু রান দেখাইবে কারণ প্রচ্ছায়া হইতে বাহির হইয়া চাঁদ পুনরায় উপচ্ছায়ায় প্রবেশ করে।

পৃথিবীর আকার চন্দ্র অপেক্ষা বহুগুণ বড় হওয়ায় পৃথিবীর প্রচ্ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু সর্বদা চন্দ্রের কক্ষপথ ছাড়াইয়া যায় সুতরাং চন্দ্রের বলয় গ্রাস কখনও সম্ভব নয়।

সব অমাবস্তায় বা পূর্ণিমায় গ্রহণ হয় না কেন ?

গ্রহণ আলোচনার সময় বলা হইয়াছে যে অমাবস্তায় সূর্যগ্রহণ ও পূর্ণিমায় চন্দ্রগ্রহণ হয়। কিন্তু প্রত্যেক অমাবস্তা এবং প্রত্যেক পূর্ণিমাতে ত' গ্রহণ হয় না। ইহার কারণ কি ?

গ্রহণ—চন্দ্রের অথবা সূর্যের হটক—হইতে গেলে সূর্য, চন্দ্র ও পৃথিবী এক সরলরেখায় আসিতে হইবে। কিন্তু পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতল (plane of orbit)



কক্ষপথ

চন্দ্রের কক্ষপথ

চিত্র 1৬

এবং চন্দ্রের পরিভ্রমণের কক্ষতল এক নহে। এই দুই তলের মধ্যে প্রায় 5° ডিগ্রী ব্যবধান আছে। ইহার ফলে প্রত্যেক পূর্ণিমাতেই চাঁদ পৃথিবীর ছায়ার ভিতর যায় না—হয় উপরে কিংবা নীচে অবস্থান করে। সুতরাং গ্রহণ হয় না। তেমনি প্রত্যেক অমাবস্তাতেও চাঁদের ছায়া পৃথিবীর উপরে

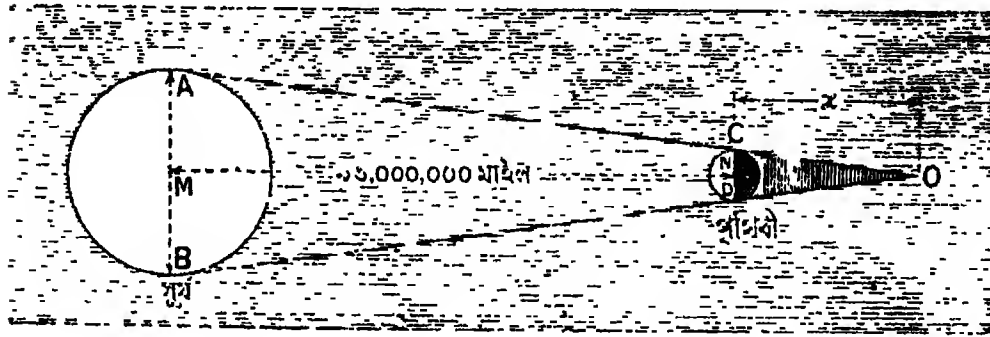
পড়িতে পারে না। যে-পূর্ণিমা বা অমাবস্তাতে ইহারা এক সরলরেখায় আসিবে অর্থাৎ যখন চাঁদ A অথবা B বিন্দুর কাছাকাছি আসিবে (চিত্র নং 1৬)—তখনই গ্রহণ হইবে। এই দুই বিন্দুকে রাহু ও কেতু বলে।

1-7. ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ (Measurement in connection with shadows) :

নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি হইতে ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ পরিকাররূপে বোধগম্য হইবে :—

(1) 1নং চিত্রে সূর্যের আলো পৃথিবীর উপর পড়িলে কিরূপে পৃথিবীর ছায়া উৎপন্ন হয় তাহা দেখানো হইয়াছে। ঐ ছায়া শঙ্কু-আকৃতির (conical

shaped)। AB সূর্যের ব্যাস এবং CD পৃথিবীর ব্যাস। সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল। ইহা হইতে আমরা পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য— অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু O পর্যন্ত দূরত্ব নির্ণয় করিতে পারি। 1নং চিত্রে সরল জ্যামিতিক প্রয়োগ দ্বারা লিখিতে পারা যায়,—



চিত্র 1নং

$$\frac{AB}{CD} = \frac{MO}{NO}$$

অর্থাৎ, $\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{পৃথিবীর ব্যাস}} = \frac{\text{শীর্ষবিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{শীর্ষবিন্দু হইতে পৃথিবীর দূরত্ব}}$

এখন, সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় 109 গুণ। শীর্ষবিন্দু হইতে পৃথিবীর দূরত্ব—অর্থাৎ ছায়াব দৈর্ঘ্য x ধরিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{109}{1} = \frac{93,000,000 + x}{x}$$

$$\text{or, } x = 861,111 \text{ মাইল (প্রায়)}$$

অর্থাৎ, পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য প্রায় 861,111 মাইল।

(2) একটি চাকতির ব্যাস 1 ইঞ্চি। চাকতিকে চোখ হইতে কতদূরে রাখিলে উহা ঠিক সূর্যকে আবৃত করিবে? সূর্যের ব্যাস 860,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল।

[The diameter of a disc is 1 inch. How far from the eye should it be placed so that it may just cover the sun. The diameter of the sun is 860,000 miles and the distance between the earth and the sun is 93,000,000 miles.]

একত্রে সূর্যকে সম্পূর্ণ আবৃত করিতে হইলে চাকতির দ্বারা-পথের ঠিক-বিন্দু ঠিক চোখে পড়া চাই। 1নং চিত্রে পৃথিবীর বকলে চাকতিটি কল্পনা করিলে চোখ ঠিক O-বিন্দুতে থাকিবে। অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চাকতির ব্যাস}} = \frac{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{চোখ হইতে চাকতির দূরত্ব}}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}} = \frac{\text{চাকতির ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে চাকতির দূরত্ব}}$$

$$\therefore \frac{860,000}{93,000,000} = \frac{1}{x}$$

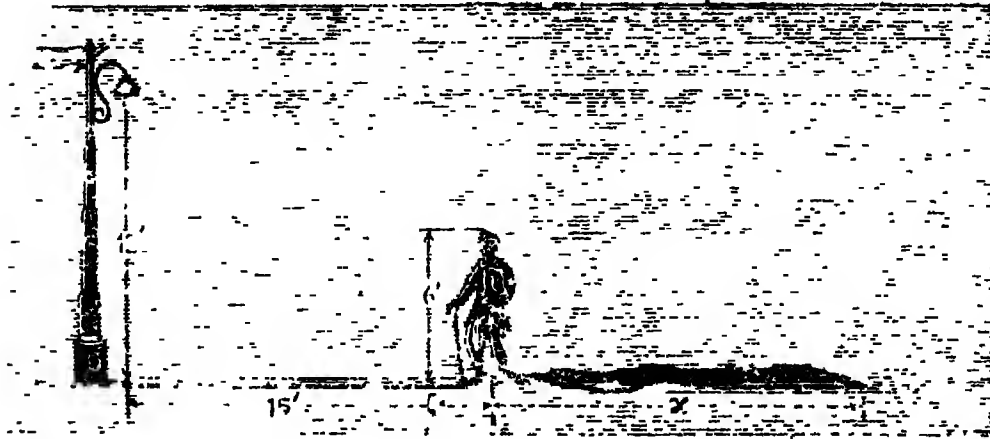
$$x = \frac{9300}{86} \text{ inches}$$

$$= \frac{9300}{86 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 9.01 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ চোখ হইতে চাকতিকে 9.01 ft. দূরে রাখিতে হইবে।

(3) 1প নং চিত্রে রাস্তার আলো দ্বারা কোন পথচারীর ছায়া দেখানো হইয়াছে। যদি রাস্তা হইতে আলোর উচ্চতা 12 ft., মানুষটির উচ্চতা 6 ft.



চিত্র 1প

এবং আলো হইতে মানুষটির দূরত্ব 15 ft. হয় তবে পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man 6 ft. high, is standing at a distance of 15 feet from a street lamp which is 12 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.]

ছায়ার দৈর্ঘ্য x ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{আলোর উচ্চতা}}{\text{মানুষের }} = \frac{\text{ছায়ার দৈর্ঘ্য}}{\text{মানুষের }} \quad \text{হইতে আলোকের দূরত্ব}$$

$$\text{অথবা, } \frac{12}{6} = \frac{15+x}{x}$$

$$,, \quad 2x = 15 + x$$

$$,, \quad x = 15 \text{ ft.}$$

অর্থাৎ পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য হইবে 15 ft.

1-8. আলোকের গতিবেগ (Velocity of light) :

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে আলো প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল গতিবেগ লইয়া চলে। সুতরাং আলোর গতিবেগ প্রচণ্ড। প্রকৃতপক্ষে কোন বস্তুর গতিবেগ আলোর গতিবেগকে ছাড়াইয়া যাইতে পারে না।

সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 93,000,000 মাইল এবং উপরোক্ত গতিবেগ লইয়া চলিবার কালে সূর্য হইতে পৃথিবীতে পৌছাইতে আলো প্রায় 8'3 মিনিট সময় লাগে। কিন্তু নভোমণ্ডলে এমন এমন নক্ষত্র বা গ্রহ আছে যাহাদের দূরত্ব সূর্যের দূরত্বের বহুগুণ। সুতরাং সেই সমস্ত বস্তু হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে যথেষ্ট সময় লাগে। সেই সমস্ত গ্রহ বা নক্ষত্রে কোন মুহূর্তে পৃথিবী হইতে কিছু লক্ষ্য করিলে তাহা ঠিক সেই মুহূর্তে ঘটে না, তাহার বেশ কিছু পূর্বে ঘটে। যেমন, পৃথিবীর সবাপেক্ষা নিকটতম স্থির নক্ষত্র (fixed star) Alpha centauri হইতে আজ যে-আলো আসিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে তাহা উক্ত নক্ষত্র হইতে 4'4 বৎসর পূর্বে যাত্রা করিয়াছে। যদি নভোমণ্ডলের সবাপেক্ষা উজ্জ্বল নক্ষত্র Sirius আজ হঠাৎ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় তবে উহা হইতে আলো আনু 8'8 বৎসর ধরিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে। সুতরাং ইহা হইতে বুঝিতে পারো যে এই বিশ্ব কত বিবীর্ণ।

আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের প্রথম পরীক্ষা করেন ডেনমার্কের জ্যোতির্বিজ্ঞানী রোমার। পরে, ফিজু, মাইকেলসন্, অ্যাণ্ডারসন্ এবং আরো অনেক বিজ্ঞানী এই সম্বন্ধে পরীক্ষা করিয়াছেন। সর্বাধুনিক পরিমাপ অনুযায়ী শূন্যে আলোর গতিবেগ,

$$V = 299,774 \pm 5 \text{ km/sec}$$

$$= 2.99774 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$$

$$= 186,285 \text{ miles/sec.}$$

1-9. আলোক-বর্ষ (Light-year):

বিরাট মহাকাশে যে অসংখ্য নক্ষত্ররাজি আছে তাহাদের ভিতরকার দূরত্ব এত বেশী যে মাইলে প্রকাশ করিলে উহা বিরাট সংখ্যায় দাঁড়াইবে। এই সুবিশাল দূরত্ব সমূহকে প্রকাশ করিবার জন্য জ্যোতির্বিজ্ঞানীরা ‘আলোক-বর্ষ’কে দূরত্বের একক হিসাবে ব্যবহার করেন। প্রতি সেকেন্ডে 186,000 মাইল গতিবেগ লইয়া আলো এক বৎসর সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাহাকে এক আলোক-বর্ষ ধরা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 186000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ মাইল}$$

$$= 5.86 \times 10^{12} \text{ miles (প্রায়)}$$

$$\text{অথবা, } 1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 300,000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ কিলোমিটার}$$

$$= 9.45 \times 10^{12} \text{ কিলোমিটার।}$$

সারাংশ

আলো এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা যাহা চোখে কোন বস্তু সম্বন্ধে দর্শন অমুভূতি সৃষ্টি করে। তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির মত আলোকও এক প্রকার শক্তি। ইহা তরঙ্গের আকারে একস্থান হইতে অপরস্থানে চলাচল করে।

আলোক কোন সমন্বত মাধ্যমের মধ্য দিয়া সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে।

স্ট্রী-ছিদ্র ক্যামেরা : ইহা দ্বারা আলোকের ঋজুগতি প্রমাণিত হয়। একটি কার্ডবোর্ডের বাক্সের সম্মুখভাগে একটি স্ট্রী-ছিদ্র করিয়া পশ্চাদ্ভাগে একটি ঘষা-কাচের প্লেট রাখা হয়। কোন দ্রব্য ছিদ্রের সম্মুখে রাখিলে কাচের প্লেটের উপর উহার উল্টা প্রতিবিম্ব পড়ে।

ছায়া : আলোকের গতিপথে অবস্থ বস্তু রাখিলে বস্তুর ছায়া সৃষ্টি হয়। ইহাও আলোকের ঋজুগতির প্রমাণ।

আলোকের উৎস ও অবস্থ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর ছায়ার আকৃতি নির্ভর করে। উৎস বিস্তৃত হইলে যে-ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহার কতকংশে সম্পূর্ণ অন্ধকার এবং বাকী অংশে আংশিক অন্ধকার দেখা যায়। প্রথমোক্ত অংশকে প্রচ্ছায়া ও ২.৩টিকে উপচ্ছায়া বলে।

গ্রহণ : গ্রহণ চন্দ্রের ও সূর্যের হইয়া থাকে। অমাবস্তার যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূর্যের মধ্য আসে তখন চাঁদের ছায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে।

আবার পূর্ণিমার যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়।

চন্দ্র ও পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতলের ভিতর সামান্য কৌণিক ব্যবধান থাকার প্রত্যেক অমাবস্তা বা প্রত্যেক পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না।

আলোর গতিবেগ প্রতি সেকেন্ডে প্রায় 186,000 মাইল। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় 8'3 মিনিট সময় লাগে।

1 আলোক-বর্ষ = 5.86×10^{12} মাইল অথবা 9.45×10^{12} কিলোমিটার।

প্রশ্নাবলী

1. উপযুক্ত উদাহরণ এবং পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে।

[Explain with suitable illustration and experiments that light travels in a straight line] [cf. H. S. (comp.) 1961]

2. সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার বর্ণনা ও ক্যামেরালী ব্যাখ্যা কর। এই ক্যামেরা সম্পর্কে 'নমুনা'র প্রশ্নের উত্তর লেখ :—(ক) ছিদ্রের আকার বড় করিলে কি হয়? (খ) ছিদ্র হইতে ঘষা-কাচের দূরত্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়? (গ) ছিদ্র হইতে বস্তু দূরত্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়? (ঘ) ছিদ্রের আকার পরিবর্তন করিলে কি হয়?

[Describe a pin-hole camera and explain its action. Discuss the effect on the image of (a) enlarging the hole (b) increasing the distance between the pin-hole and the ground-glass screen (c) increasing the distance between the object and the pin-hole (d) altering the shape of the hole.]

3. একটি নকশার সাহায্যে সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ক্যামেরালী বুঝাইয়া দাও। ছিদ্রের আকার বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. What is the effect of increasing the size of the hole?] [H. S. Exam., 1960, '62]

4. একটি অন্ধকাম ঘরে শাকসেব ভিতর একটি হলুদ মোমবাতি বাধা আছে; শাকসেব যে-কোন গায়ে একটি ছোট ছিদ্র করা হইল এবং ছিদ্র হইতে কিছু দূরে একখানি সাদা কাগজ ধরা হইল। কাগজের উপর কি দেখা যাইবে তাহা বর্ণনা কর ও উহা উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A burning candle is placed inside a box in a dark room. A small hole is cut on one side of the box and a sheet of white paper is held at a short distance in front of the hole. Describe and explain the appearance seen on the paper.]

5. 10 ft. x 10 ft. একটি অন্ধকার ঘরের কোন সাদা দেয়ালের মধ্যস্থলে একটি ছোট ছিদ্র আছে। ছিদ্র হইতে বাহিরে এবং কিছু দূরে 55 ft. উঁচু একটি গাছ আছে। ছিদ্রের বিপরীত দিকের দেয়ালে গাছের 11 inches উঁচু একটি প্রতিকৃতি দেখিতে পাওয়া গেল। ছিদ্র হইতে গাছের দূরত্ব কত ?

[A dark room 10 ft. square with white walls has a small hole on the centre of one wall. An image 11 inches high of a tree is formed on the opposite wall, the tree being 55 ft high and situated at a certain distance outside the hole. How far is the tree from the hole ?] [Ans. 600 ft.]

6. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাবা ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 8 inches এবং পর্দার উচ্চতা 6 inches ; 200 ft. উঁচু একটি গাছের পূর্ণ প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে গাছ হইতে ক্যামেরা কতদূরে রাখিতে হইবে ?

[The distance of the pin-hole to the plate, in a pin-hole camera, is 8 inches. How far from a tree 200 ft. high must the camera be placed to get the whole image of the tree on the plate if it is 6 inches high ?] [Ans. 266.6 ft.]

7. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাবা ছিদ্র হইতে 15 cm. দূরে একটি মোমবাতি আছে। বাতিটির শিখা 2 cm. দীর্ঘ। ক্যামেরাবা পর্দাটি ছিদ্র হইতে 25 cm. দূরে স্থাপিত হইলে প্রতিকৃতির সাইজ কত হইবে ?

[A candle flame 2 cms. high is at a distance of 15 cm. from the pin-hole of a pin-hole camera. Find the size of the image when the screen of the camera is placed 25 cm. away from the hole.] [Ans. 8.33 cm.]

8. ছায়ার সৃষ্টি কিরূপে হয় ? একটি বিস্তৃত আলোকপ্রভব হইতে আলোকবস্তুর নির্গত হইয়া একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হইলে কিরূপে প্রচ্ছায়া ও উপপ্রচ্ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহা নকশা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[How are shadows formed ? Explain, with a diagram, the formation of umbra and penumbra when rays of light from an extended source are obstructed by an extended object.] [cf. H. S. Exam. 1961]

9. প্রচ্ছায়া ও উপপ্রচ্ছায়ার ভিত্তি পার্থক্য কি ? পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহার ছায়া মাটিতে পড়ে কিন্তু উপরে উঠিলে আর ছায়া দেখা যায় না। কেন ?

[What is the difference between umbra and penumbra ? When a bird flies at a very low altitude, its shadow on the earth is distinguishable. But as the bird moves higher up, the shadow becomes gradually indistinguishable. Why ?] [H. S. Exam. 1964]

10. পত্রবহুল বড় গাছের ছায়ার মধ্যে গোল এবং ডিম্বাকার আলোকচক্রে দেখা যায় কেন ?

[Why are circular and elliptical patches of light seen in the shadow of a big tree ?]

11. 4 inches ব্যাসের গোলাকার একটি আলোক উৎস হইতে 8 ft. দূরে 2 inches ব্যাসের একটি সোল অবচ্ছন্ন বস্তু রাখা আছে। বস্তু হইতে নিকটতম কত দূরে একখানি পর্দা রাখিলে পর্দার প্রচ্ছায়া-বিহীন ছায়া হইবে ?

[A circular uniform source of light, 4 inches in diameter, is placed at a distance of 8 ft from a spherical opaque body 2 inches in diameter. Find the shortest distance from the latter at which a screen may be placed so as to have no umbra in the shadow cast upon it] [Ans. 8 ft.]

12. 8 inches ব্যাসযুক্ত একটি ধাতব বল হইতে 2 ft. দূর একটি গোলাকার আলোক-উৎস রাখা আছে। আলোক-উৎসের ব্যাস 6 inches ধাতব বলের 1 ft. পশ্চাতে একটি পর্দা রাখিলে ঐ পর্দায় যে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহাদের ব্যাস নির্ণয় কর।

[Calculate the lengths of the diameters of the umbra and penumbra of the shadow of a metal ball 8 inches in diameter placed 2 ft from a source of light which is 6 inches in diameter, the screen being 1 ft from the ball]

[Ans. 9 inches, 15 inches.]

13. গ্রহণ ক'হ'কে বল ? কখন চিত্র আঁকিয়া চন্দ্রের ও সূর্যের গ্রহণ প্রমাণ কর।

[What is an eclipse ? Explain, with neat diagrams, the occurrence of lunar and solar eclipses.] [cf. H S Exam, 1961]

14. সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইবার জন্য দু'খানি প'থক'ব চিত্র আঁক। (কোন শাখায় প্রবেশন নাও)।

তোমার আঁকা সূর্যগ্রহণের ছবি হইতে বল (i) পৃথিবীর অ'লাকিত গোলার্ধের সব জায়গা হইতে গ্রহণ দেখা যায় না কেন ? (ii) একস্থানে সূর্যের পূর্ণগ্রহণ এবং অল্প আন খণ্ড গ্রহণ দেখা যায় কেন ?

প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন ?

[Draw two neat diagrams to illustrate eclipses of the sun and the moon (Only diagrams and no descriptions are necessary). In reference to the diagram of solar eclipse that you draw explain why (i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth - (ii) a solar eclipse may be total at a place but partial at another ? Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ?] [H. S. Exam 1963]

15. বলব গ্রহণ কি ? ইহা সূর্যের হয় না চন্দ্রের হয় ? ইহা ক'ক'পে হয় ? প্রত্যেক অমাবস্তা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন ?

[What is an annular eclipse ? Does it take place for the sun or for the moon ? How does it take place ? Why don't we find eclipse occurring on every full moon and new moon ?]

16. চন্দ্রগ্রহণ সম্পর্কে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—

(ক) কখন চন্দ্রের পূর্ণ গ্রহণ হয় ?

(খ) কখন চন্দ্রের খণ্ড গ্রহণ হয় ?

- (গ) গ্রহণ আরম্ভ হইবার পূর্বে এবং পরে কিছুকণের অন্ধ চন্দ্রের উজ্জ্বলতা হ্রাস পায় কেন ?
 (ঘ) সকল পূর্ণিমাতে চন্দ্র গ্রহণ দেখা যায় না কেন ?
 (ঙ) চন্দ্রের বলয় গ্রহণ হয় না কেন ?

[Answer the following questions in connection with lunar eclipse :—

- (a) When does total eclipse take place ?
 (b) When does partial eclipse take place ?
 (c) Why does the brightness of the moon become dimmer for some time before and after the eclipse ?
 (d) Why do not eclipses take place at every full moon ?
 (e) Why don't we find annular eclipse of the moon ?]

17. সূর্যের ব্যাস 9×10^8 মাইল, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 9×10^7 মাইল এবং চন্দ্রের ব্যাস 2100 মাইল। পৃথিবীর উপবিহীন কোন একটি বিন্দু হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা গেলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের তখনকার দূরত্ব নির্ণয় কর। হিসাবের সুবিধার জন্য ঐ বিন্দু এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এক ধরিয়া লইতে পারো।

[The diameter of the sun being taken as 9×10^8 miles and its distance from the earth 9×10^7 miles and the diameter of the moon 2100 miles, find the distance of the earth from the moon at the time of a solar eclipse when the eclipses is total only at a single point on the earth. For convenience of calculation, the point in question and the centre of the earth may be assumed coincident.] [Ans. 21×10^4 miles]

18. একটি পয়সা হইতে 9 ft. দূরে কোন বিন্দুতে সূর্য ও পয়সাটি একই কোণে উপস্থিত হবে। পয়সা হইতে 5 ft দূরে আলোকবিন্দুর সতিত লম্বভাবে একগাঠি কাগজ রাখিলে ঐ কাগজের উপর পয়সার যে ছায়া পড়িবে তাহার ব্যাস নির্ণয় কর। সূর্যের ব্যাস 86,0000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 98,000,000 মাইল।

[The sun subtends the same angle as a pice subtends at a distance of 9 ft. Calculate the diameter of the shadow of the pice cast by the sun on a paper held perpendicular to the ray at a distance of 5 ft. from the pice. The diameter of the sun is 86,0000 miles and the distance between the sun and the earth is 98,000,000 miles.] [Ans. 0.44 inch]

19. $5\frac{1}{2}$ ফুট উচ্চতাব জনৈক ব্যক্তি বাস্তাব আলোকদণ্ড হইতে 5 ফুট দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি বাস্ত হইতে 9 ফুট উঁচু। ব্যক্তির ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.] [H. S. Exam. 1960] [Ans. 7.8 ft.]

20. 2 metres উঁচু একটি খাড়া স্তম্ভ একটি খাড়া আলোকদণ্ড হইতে 2.5 metres দূরে আছে। ব্যক্তির উজ্জ্বল ফিশারমেণ্ট ভূমি হইতে 4 metres উঁচুতে আছে। ভূমিতে স্তম্ভের যে ছায়া পড়ি হইবে তাহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A vertical pillar, 2 metres high, stands at a distance of 2.5 metres from the base of a vertical lamp-post. The incandescent filament of the lamp is at a height of 4 metres from the ground. Determine the length of the shadow of the pillar on the ground below.] [Ans. 2.5 metres]

21. 'প্রচ্ছায়া' এবং 'উপচ্ছায়া'র ভিতর পার্থক্য কি? ছায়া গঠিত হইবার মূল নীতি বর্ণনা কর। গোলীয় প্রতিবন্ধকের দ্বারা নিম্নলিখিত উৎসের দ্বারা গঠিত প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়ার অংশ পথিকার ছবি আঁকিয়া দেখাও :—

(i) বিন্দু আলোক উৎস (ii) উজ্জল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা ক্ষুদ্র (iii) উজ্জল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা বৃহৎ।

কোন বর্ণনাব প্রয়োজন নাই।

[Distinguish between 'Umbra' and 'Penumbra'. State the physical principle involved in the formation of shadows.]

Indicate, by means of neat diagrams, the regions of umbra and penumbra if any, due to a spherical obstacle by—

(i) a point source of light (ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle (iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle. No description is necessary. [H. S. (comp.) 1960, '63]

22. 10 ft. চওড়া একটি দরবর কোন জানালায় একটি ক্ষুদ্র ফাঁট আছে। দরবর বাহিরে একটি গাছের প্রতিকৃতি বিপরীত দেওয়ালে গঠিত হইল। প্রতিকৃতির উচ্চতা 4 ft. এবং জানালা হইতে গাছের দূরত্ব 80 ft. হইলে গাছের উচ্চতা কত?

[A small hole is made in the window shutter of a room 10 ft wide and an image of a tree outside the room is formed on the opposite wall. If the tree is 80 ft away from the window and the image is 4 ft high, what is the height of the tree?] [Ans. 12 ft.]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিফলন

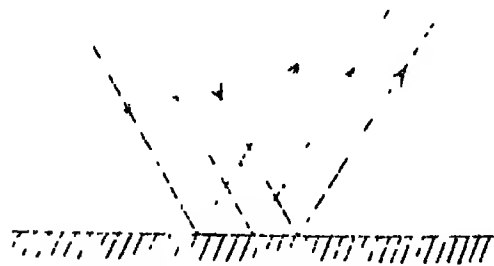
[Reflection of light at a plane surface]

2-1. আলোকের প্রতিফলন (Reflection of light) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলোক সরলরেখায় গমন করে। কিন্তু আলো যখন এক মাধ্যম হইতে অণু মাধ্যমে আপতিত হয় তখন ঐ আলোক কিয়দংশ দ্বিতীয় মাধ্যমের তল (surface) হইতে পুনরায় স্বেচ্ছায় প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া আসে। এই ঘটনাকে আলোক প্রতিফলন বলে। আপতিত আলোক কত অংশ প্রতিফলিত হইবে তাহা ততটি বিষয়ে উপর নির্ভর করে। প্রথমতঃ আপতিত আলো প্রতিফলকের উপর কত কোণে আপতিত হইল এবং দ্বিতীয়তঃ কোন মাধ্যম হইতে আসিয়া কোন মাধ্যম করূপে প্রতিফলিত হইল। দেখ গিয়াছে বায়ু হইতে সর্বাসরি অভিলম্ব ভাবে আলো কাচে পড়িলে প্রায় ৭৫% আলো প্রতিফলিত হয়। আলোকবাহী প্রতিফলক বলে যত কাচ ততদূর পড়িলে তত বেশী পরিমাণে আলো প্রতিফলিত হইবে। বায়ু হইতে সমতল দপণে অভিলম্ব ভাবে আলো পড়িলে প্রায় ৯০% আলো প্রতিফলিত হয়। দপণ হইলে আলোক প্রতিফলন তোমরা মনে করিয়াছ। কাচের জানলার উপর সুরের আলো আসিলে পড়িলে আলো প্রতিফলিত হয়, তাহাও তোমরা জান। সুতরাং আমাদের দৈনন্দিন জীবিত্ত্ব হইয়া আলোক প্রতিফলন সবদিক দোঁগিতে পাই।

প্রতিফলকের তল অনুযায়ী আলোক প্রতিফলন দুই প্রকার হইতে পারে :- (1) নিয়মিত (regular) প্রতিফলন, (2) বিক্ষিপ্ত (diffused) প্রতিফলন।

2-2. নিয়মিত প্রতিফলন (Regular reflection) :



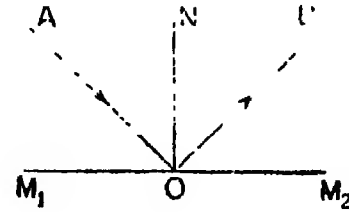
আলোকবাহীর নিয়মিত প্রতিফলন

চিত্র ২ক

সদি প্রতিফলকের তল মসৃণ হয় তবে প্রতিফলিত বহ্মিগুলি একটি নির্দিষ্ট দিকে যাইবে এবং আপতিত বহ্মিগুলো সহিত প্রতিফলিত বহ্মিগুলো মিল থাকিবে। ২ক নং চিত্রে একটি মসৃণ তলে একগুচ্ছ সমান্তরাল বহ্মি আপতিত হইয়াছে।

উহাদের প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছও সমান্তরাল। এই ধরনের প্রতিফলনকে নিয়মিত প্রতিফলন বলে।

২য় নং চিত্রে একটি রশ্মি লইয়া নিয়মিত প্রতিফলন দেখান হইয়াছে। AO রশ্মি M_1M_2 প্রতিফলক দ্বারা OB রশ্মিতে প্রতিফলিত হইয়াছে। এখানে AO রশ্মিকে আপতিত (incident) রশ্মি বলা হয় এবং OB কে বলা হয় প্রতিফলিত (reflected) রশ্মি। যে-বিন্দুতে আপতিত রশ্মি প্রতিফলকের উপর পড়ে (অর্থাৎ, O বিন্দু) তাহাকে বলা হয় আপতন বিন্দু (point of incidence)। আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর যদি লম্ব টানা যায় (ছবিতে ON), তবে উহাকে অভিলম্ব (normal) বলা হয়।



চিত্র ২খ

আপতিত রশ্মি অভিলম্বেব সম্বন্ধিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle AON$) উহাকে আপতন কোণ (angle of incidence) এবং প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্বেব সম্বন্ধিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle BON$) উহাকে প্রতিফলন কোণ (angle of reflection) বলে।

২-৩. নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র (Laws of regular reflection)

নিয়মিত প্রতিফলন নিম্নলিখিত দুইটি সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

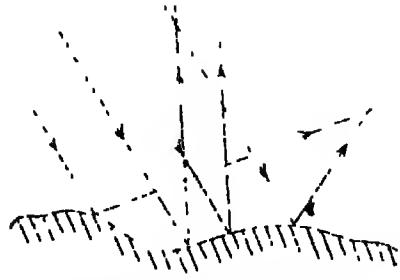
(১) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একটি সমভুজের অন্তর্ভুক্ত করে।

(২) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে অর্থাৎ $\angle AON = \angle BON$ (চিত্র নং ২গ)।

২-৪. বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন (Diffused reflection) :

যদি প্রতিফলকের তল অসম্মত হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চতুর্দিক ছড়াইয়া পড়ে এবং আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছের কোন মিল থাকে না। ২গ নং চিত্রে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অসম্মত তলে আপতিত হইয়াছে। প্রত্যেকটি খালাদা রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হইবে কিন্তু যেহেতু তল অসম্মত সেই হেতু তলেব বিভিন্ন বিন্দুতে অভিলম্ব বিভিন্ন দিকে হইবে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চারিদিকে বিক্ষিপ্ত হইবে।

এবং আপতিত বস্তুর সহিত কোন মিল থাকিবে না। ইহাকে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন বলা হয়।



সামান্যকণিকার বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন
চিত্র ২গ

নিয়মিত প্রতিফলন সৃষ্টি কবে বলিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিফলনে অংশ গ্রহণ কবে সেই অংশই চকচকে দেখায়।

যদি পবিত্র এ. টুকরা কাচের প্লেটের উপর থাকে, আসিয়া পড়ে, তাহা হইলে খুব অল্প আলোই প্রতিফলিত হইবে—বেশীভাগ আলোই কাচ ভেদ করিয়া অপর পাশে চলিয়া যাইবে। এই কারণে দর্পণ তৈয়ারী করিতে হইলে কাচের প্লেটের একপাশে পাতলা ধাতব প্রলেপ—সাধারণত পানদ প্রলেপ—দেওয়া হয়। এই প্রলেপ অল্পই বলিয়া বেশীভাগ আলোই এই প্রলেপ দ্বারা প্রতিফলিত হইবে। ইহাকে সিলভারিং (silvering) বলা হয়। সুতরাং এই ধবনেব দর্পণ কর্তৃক আলোর প্রতিফলনের সময় মনে রাখিতে হইবে যে বেশীভাগ প্রতিফলনই দর্পণের পশ্চাদ্ভাগ—অর্থাৎ পানদপ্রলেপযুক্ত তল হইতে হইতেছে ; সম্মুখ তল হইতে খুব সামান্য প্রতিফলন হয়।

যদি কোন কৃষ্ণবর্ণ তলেব উপর আসিয়া আলো পড়ে তবে ঐ আলোর বিশেষ কোন অংশই তল কর্তৃক প্রতিফলিত হইবে না বা ঐ তল ভেদ কাঁচয়া যাইবে না। ঐ ধবনেব তল আলোকে প্রায় সম্পূর্ণ শোষণ করিয়া লয়। এই কারণে ক্যামেরা, দূরবীণ, প্রভৃতি আলোকীয় যন্ত্রের অভ্যন্তর কৃষ্ণবর্ণ করা থাকে যাহাতে ঐ সকল যন্ত্রেব অভ্যন্তরে আলোর কোন অবশিষ্ট প্রতিফলন না হইতে পারে। ঠিক বিপরীত ঘটনা ঘটে নীতলের (white surface) ক্ষেত্রে। সাদা তল কোন আলোই শোষণ করে না। তাই, সিনেমার পর্দা সাদা রংয়ের করা হয়। ইহাতে আলোর শোষণ হইতে পারে না এবং প্রতিবিশ্বের উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি পায়। তাহাড়া, সাদা পশ্চাদ্ভাগে কালো ছবি ভাল ফুটিয়া উঠে বলিয়াও সিনেমার পর্দা সাদা করা হয়।

যদি কাচ (ground glass) স্বচ্ছ নয় কিন্তু জলে ভিজাইলে উহা প্রায় স্বচ্ছ

হয়। ইহার কারণ এই যে, কাচ ঘষা হওয়াতে উহার তল অমসৃণ এবং উহার উপর আলোকরশ্মি পড়িলে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়। তাই উহাকে অস্বচ্ছ দেখায় কিন্তু উহাকে জলে ভিজাইলে উহার দুই পৃষ্ঠে জলের একটি সূক্ষ্ম স্তর পড়ে। ইহাতে অমসৃণ তল কিছুটা মসৃণ হয় এবং আলোকরশ্মির মোটামুটি নিখমিত প্রতিফলন হয়। তখন উহাকে প্রায় স্বচ্ছ দেখায়।

সূর্যোদয়ের কিছুপূর্বে এাঃ সূর্যাস্তের কিছু পূর্বে পূর্ব এবং পশ্চিমাকাশ লাল হইয়া উঠে, নিশ্চয়ই লক্ষ্য করিয়াছ। ইহাদিগকে যথাক্রমে বলা হয় **উষা** (dawn) এবং **গোধূলি** (twilight)। আকাশে ভাসমান অণুখণ্ডগুলি ও কণিকা কক্ষীয় স্রবশ্মির বিক্ষেপের জগু ইকপ হয়—অর্থাৎ এই কণাগুলি স্রবশ্মির বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন সৃষ্টি করে।

2-5. প্রতিফলন সূত্রসমূহের পরীক্ষামূলক প্রমাণ (Experimental verification of the laws of reflection) :

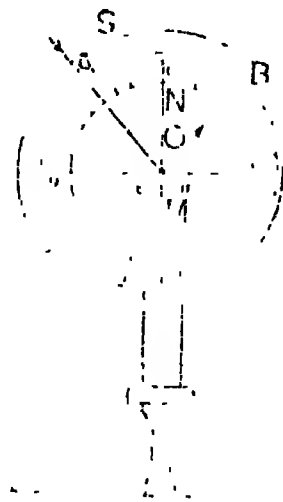
প্রতিফলনের সূত্র পরীক্ষামূলকভাবে দুই উপায়ে প্রমাণ করা যায়।

- (1) হার্টল-এর আলোকচক্র (Hartle's optical disc) দ্বারা ও
- (2) পিন দ্বারা।

পরীক্ষা:

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :

একটি পাতলা গোলাকার ধাতবচক্র একটি দণ্ডের উপর স্থাপিত থাকে। চক্রটি চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগ $0^\circ-90^\circ$ ডিগ্রী স্কেলে দাগ কাটা আছে। চক্রটিকে উহার কেন্দ্রগত একটি অনুভূমিক অক্ষের (horizontal axis) চতুর্দিকে লম্বতলে (vertical plane) ঘুরানো যায়। S একটি ধাতব পদা এবং উহার গায়ে একটি সরু ছিদ্র A আছে। এই ছিদ্র দিয়া আলোকরশ্মি প্রবেশ করে ও চক্রের তলে পতিত হয়। $90^\circ-90^\circ$ রেখার সহিত মিশাইয়া একটি পাতলা সমতল দর্পণ (plane mirror) M লাগানো থাকে। সুতরাং $0^\circ-0^\circ$ রেখা দর্পণের মধ্যস্থল দিয়া দর্পণের উপর অভিলম্ব হইবে (2য় নং চিত্র)।



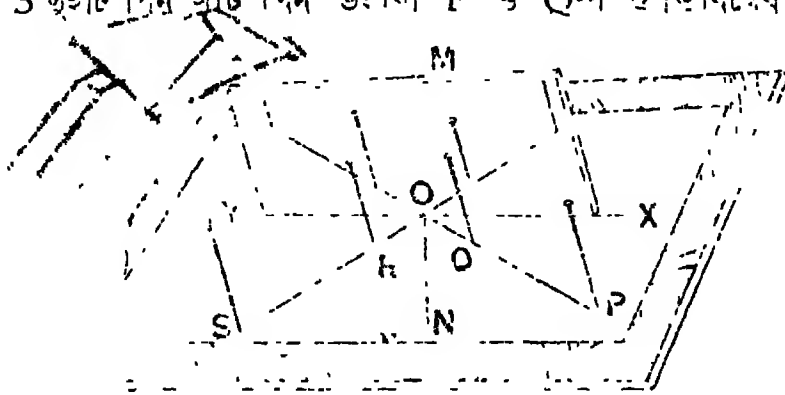
হার্টলের আলোকচক্র
চিত্র 2ঘ

A ছিদ্র দিয়া AO আলোকরশ্মি চক্রের গা বাহিয়া দর্পণের মধ্যস্থলে আপতিত হইলে OB রেখায় প্রতিফলিত হইবে। দেখা যাইবে, প্রতিফলিত রশ্মিও চক্রের গা বাহিয়া যাইতেছে। সুতরাং আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্ব চক্রের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইল।

আপতন ও প্রতিফলন কোণ চক্রের স্কেল হইতে সোজাসুজি পাওয়া যাইবে। দেখা যাইবে, ইহা বা সমান। চক্রটি সামান্য ঘুরাইলে আপতিত রশ্মি নতুন আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলন কোণ পরিবর্তিত হইবে এবং এই অবস্থায় ইহা বা পুনরায় সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

(2) পিন দ্বারা :

একটি সমতল বোর্ডে একখানি সাদা কাগজ পিন দ্বারা আটকাও এবং পেন্সিল দিয়া XY একটি বেখা টান। একটি পাতলা সমতল দর্পণ M-কে খাড়াভাবে XY বেখার সহিত মিলাইয়া আটকাও। এইবার P ও Q দুইটি পিন এমনভাবে আঁট যেন উভ্যদেব পদদ্বয় যোগ দ্বিধে PQ সরলরেখা দর্পণকে আনন্ভাবে (obliquely) O বিন্দুতে স্পর্শ করবে। দর্পণের ভিতর দিয়া দেখিলে P ও Q-র প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। ১। দিক হইতে তাহাইবা প্রতিবিম্ব দুটি এক সরলরেখার দ্বায়ে এমনভাবে চোখ রাখিয়া R ও S দুইটি পিন আঁট যেন উভ্যদেব P ও Q-র প্রতিবিম্বের সহিত : একই



পিনদ্বারা প্রতিফলনের সূত্র প্রমাণ

চিত্র 2৬

সরলরেখায় থাকে (2৬ নং চিত্র)। পিনগুলির অবস্থান পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত কর। এবার দর্পণ ও পিন সরাইয়া PQ সরলরেখা ও SR সরলরেখা বন্ধিত দ্বিধে উভ্যদেব XY বেখার সহিত O বিন্দুতে মিলিত হইবে।

এখানে PQ আপতিত রশ্মি ও RS প্রতিফলিত রশ্মি। O বিন্দু হইতে XY রেখার উপর ON লম্ব টানিলে উহা দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব হইবে। উহারা সকলেই কাগজের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইতেছে।

দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করিতে হইলে $\angle PON$ ও $\angle SON$ মাপ। উহারা যথাক্রমে আপতন ও প্রতিফলন কোণ। দেখিবে এই কোণ দুইটি সমান, অর্থাৎ আপতন কোণ = প্রতিফলন কোণ।

2-6. আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন (Reversibility of a ray of light) :

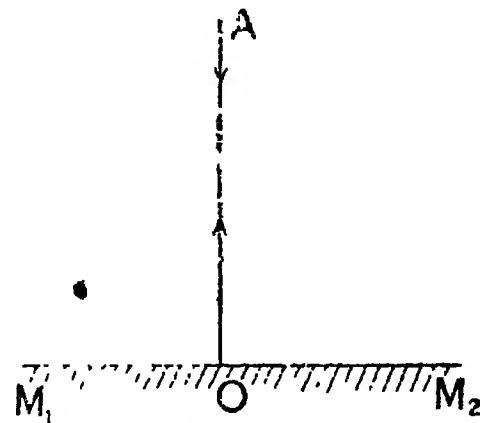
এক নং চিত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে AO যদি আপতিত রশ্মি হয় এবং OB যদি তাহার প্রতিফলিত রশ্মি হয়, তবে $\angle AON = \angle BON$ । এখন যদি কোন রশ্মি BO রেখায় M_1M_2 দর্পণের উপর আপতিত হয় তবে আপতন কোণ -- $\angle BON$ ।

সুতরাং প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী $\angle AON$ প্রতিফলন কোণ হইবে। অর্থাৎ রশ্মিকে OA রেখায় প্রতিফলিত হইতে হইবে।

উহা অর্থ এই যে কোন রশ্মি যদি প্রাথমিক হইয়া A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে পৌঁছায়, তবে রশ্মি উল্টানুয়ে প্রতিফলিত হইয়া B বিন্দু হইতে A বিন্দুতে পৌঁছাইবে। উহাকে আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন বলে।

2-7. রশ্মির অভিলম্ব আপতন (Normal incidence of a ray) :

এক খাউক, কোন রশ্মি M_1M_2 দর্পণের উপর লম্বভাবে AO সরলরেখায় আপতিত হইল। এখানে আপতন কোণের মান শূন্য, অতএব প্রতিফলনের সূত্র অনুযায়ী প্রতিফলন কোণের মান শূন্য। কাজেই প্রতিফলিত রশ্মি OA পথে প্রত্যাগমন করিবে (25 নং চিত্র)।



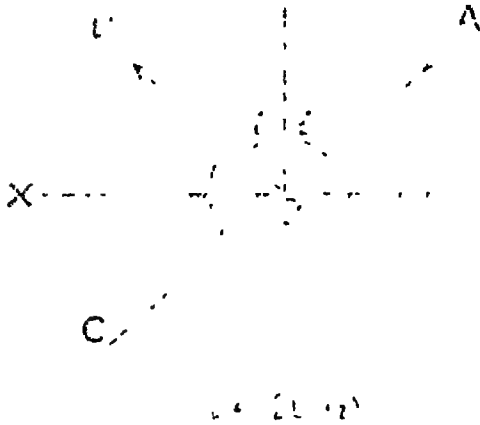
রশ্মির অভিলম্ব আপতন

চিত্র 25

সুতরাং মনে রাখিবে যে কোন রশ্মি যদি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হয় তবে পুনরায় অভিলম্বভাবে ঐ পথে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া যাইবে।

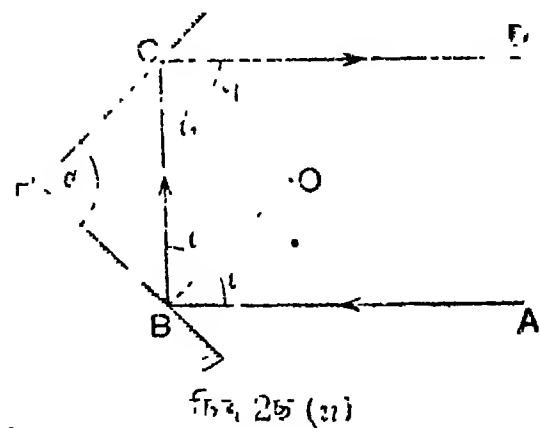
2-8. প্রতিফলনের ফলে রশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to reflection) :

আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলক দ্বারা প্রতিফলিত হইলে আপন পথ হইতে চ্যুত হয়। মনে কর, AO একটি আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলকের উপর O বিন্দুতে আপতিত হইল। আপতন কোণ $\angle AON = i$ । রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OP পথে গেল [চিত্র (1) নং চিত্র] প্রতিফলন কোণ $\angle BON = r$ [প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী]।



এখন, প্রতিফলক না থাকিলে AO বাঁধা হইত। AOC পথে চা'লিয়া যা'ত। প্রতিফলনের ফলে রশ্মি OB পথে চা'লিতে—অর্থাৎ রশ্মি চ্যুতি হইয়াছে। এ স্থলে $\angle BOC$ রশ্মির চ্যুতি কোণ (angle of deviation) নির্দেশ করে। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে $\angle BOC = 180^\circ - \angle BOA = 180^\circ - 2i$ ।

এখন মনে কর, দুইটি প্রতিফলক PB এবং PC পরস্পরের সমান্তরাল হইয়া থাকে। অর্থাৎ $PB \parallel PC$ [চিত্র (2) নং চিত্র] এবং একটি রশ্মি AB প্রথম প্রতিফলক B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া RC পথে দ্বিতীয় প্রতিফলকে স্পর্শিত হইবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া CD পথে নির্গত হইবে। এক্ষেত্রে মোট চ্যুতি কত হইবে?



মনে কর, B বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ = i এবং C বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ = r ।

এই পর্দার আলোনা হইতে আমরা সিদ্ধিতে পাবি যে B-বিন্দুতে

$$\begin{aligned}\text{স্থিতিমোট চ্যুতি} &= 180^\circ - 2i + 180^\circ - 2i_1 \\ &= 360^\circ - 2(i + i_1)\end{aligned}$$
$$\therefore (2) + (1)$$

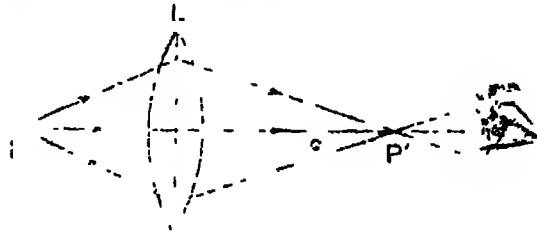
যদি প্রতিফলক দুইটি সমান্তরাল থাকে তবে $(\theta = 0)^\circ$ এ $\frac{1}{2}$ সঞ্চারিত হয় মোট
 তথা $\theta = 360^\circ - 2 \times 0 = 180^\circ$ অর্থাৎ, আগম অংশন এবং নির্গমন
 সমান্তরাল হওয়ায় প্রতিফলিত তরঙ্গ দুটোই 180° ঘুরে আসে।

প্র. প্রতিটি দেশেইবা সমস্ত দেশেই (সে.দা.স.স.) কাদের দলকে কাজে লাগিয়ে
 আমাদেব স্বাধীনতা প্রতিষ্ঠা করব। অতীত আমাদেব দল পার্কলে গিয়ে
 উঠান প্রাণীসহযোগী নাই। তবে প্রাণীসহযোগী দলটি কিভাবে কাজ করবে?

সুতরাং যখন কোন বিন্দু প্রভা (point source) হইতে আগত
বিস্মিত্র প্রতিকলিত বা প্রতিফলিত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে গিয়া
হয় বা অন্য কোন বিন্দু হইতে আগত হইয়া উক্ত বিন্দুতে
গিয়া তখন এই দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভা বা উৎস বলা হয়।

প্রতিটির দুই প্রকারের হতে পারে। যথা:— (1) বদ্বিধ (real conjugate) ও (2) অবদ্বিধ (virtual conjugate)।

সদ্বিশ্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দুকে প্রভবের সদ্বিশ্ব



সদ্বিশ্ব
চিত্র 2৩ (i)

(real image) বলা হয়।

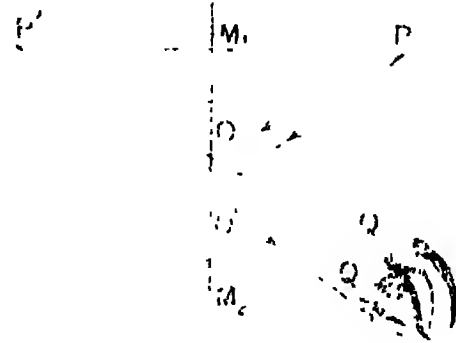
2৩ (i) নং চিত্রে P বিন্দু-প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ L-উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া P' বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং পবে চোখে বাইরা পড়িতেছে।

এখানে লেন্সের ভিতর দিয়া P বিন্দু দিকে তাকাইলে চোখ P' বিন্দুতে উহার প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে। এই প্রতিবিম্বকে সদ্বিশ্ব বলা হয়। P'-বিন্দুতে কোন সাদা পদা বাথিলে পদায় উপরে P'-এর প্রতিবিম্ব পড়িবে।

অসদ্বিশ্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অত্র কোন বিন্দু হইতে আগত হইতেছে বালিদ্বারা কোন বিন্দু হইয়া ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রভবের অসদ্বিশ্ব (virtual image) বলা হয়।

2৩ (ii) নং চিত্রে M_1, M_2 সমতল দর্পণের সম্মুখে P একটি বিন্দু প্রভব।

P হইতে রশ্মিগুচ্ছ বহির্গত হইয়া দর্পণ কংক প্রতিফলিত হইতেছে এবং চোখে গিয়া পড়িতেছে। দর্পণের ভিতর দিয়া তাকাইলে মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি P' বিন্দু হইতে আসিতেছে অর্থাৎ, মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুে অবস্থিত। সুতরাং P' বিন্দু P বিন্দুর অসদ্বিশ্ব। এস্থলে P' বিন্দুও কোন পদা বাথিলে পদায় কোন প্রতিবিম্ব পড়িবে না। সুতরাং অসদ্বিশ্ব কেবলমাত্র চোখে দেখা যায়।



অসদ্বিশ্ব
চিত্র 2৩ (ii)

শূচী-ছিদ্র ক্যামেরা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে ঐ ক্যামেরায় যে প্রতিকৃতি পাওয়া যায় তাহাকে প্রতিবিম্ব বলা চলে না (1-4 অঙ্কচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)। ইহার কারণ এখন বুঝিতে পারিবে। ঐ ক্যামেরায় যে প্রতিকৃতি হয় তাহা প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত রশ্মির সদ্বিশ্ব বা অসদ্বিশ্বগণে গঠিত হয় না; বরং ঐ উহাকে প্রতিবিম্ব বলা হইবে না।

অতএব সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বর্তমান :

(1) দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব (object distance) = দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব (image distance)।

(2) প্রতিবিম্ব ও বস্তু মূলরেখা দ্বারা সংযুক্ত করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(3) প্রতিবিম্ব অসদৃশ।

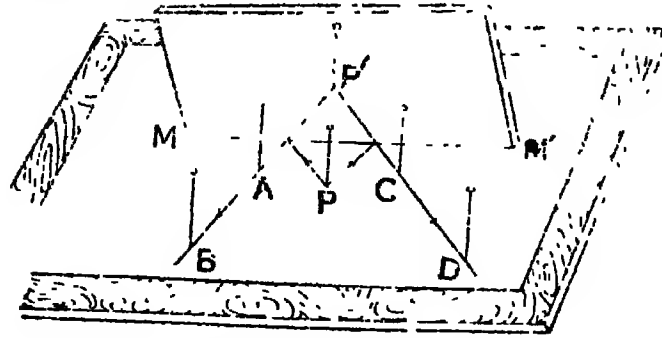
2-11 দর্পণ সমতল কিনা তাহার পরীক্ষা (Testing of planeness of a mirror) :

কোন দর্পণ ঠিক ঠিক সমতল কিনা তাহা আয়ত প্রতিবিম্ব দেখিয়া সহজে জানা কঠিন। কারণ আয়ত প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্যের সমতল দর্পণ সমতল হইলে প্রতিবিম্ব বস্তু বস্তু-দল, এর সমান হয়। এখন যে দর্পণ পরীক্ষা করিলে এর প্রতিবিম্ব এমন একটা বস্তু দল হইবে যে একটি বাহ্যিক বস্তু দলটির মতো দেখান। তাহা হইলে দর্পণ ঠিক সমতল হয়। অন্যথায় প্রতিবিম্ব সমান দল হইবে না। তখনই তাহা বস্তু দল হইবে না। (একটি বস্তু দল হইলে তাহা একটি বস্তু দল হইবে।) তাহা হইলে আয়ত সমতল না হইলে প্রতিবিম্ব বস্তু দল হইবে। তাহা হইলে প্রতিবিম্ব ঠিক ঠিক হইবে।

2-12. পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Location of image by pins) :

সমতল বোর্ডে আটকানো একদল কাগজের উপর MM একটি সমতল দর্পণ প্রত্যাহারে আটকানো থাকে। টেবিল সত্রে P একটি পিন। P বিন্দু দর্পণ ও P-এর প্রতিবিম্ব P' বিন্দু অবস্থান নির্ণয় করিতে হইবে। P বিন্দুর ওপর গ্লাস হুইল থাকিবে। C এবং D দুইটি পিন এমনভাবে পোতা হইবে যে C, D ও P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। পেন পায় 2য় নং চিত্র।। তখন P-এর ওপর পোতা হইবে তাহা হইবে A এবং B দুইটি পিন এমনভাবে বসানো হইবে যে উপর। এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। এবং, আয়ত মনে করিলে পার্শ্ব যে P-পিন হইতে বস্তু দল MM' দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইবে। AB এবং CD সরলরেখায় থাকিবে।

A, B, C এবং D পিনগুলির অবস্থান চিহ্নিত করিয়া দর্পণসহ উহাদের সংবাইয়া ফেলা হইল। AB এবং CD সমলরেখাদ্বয়কে পিছনে প্রসারিত



পিন দ্বারা প্রাপ্তিগ্ধের অবস্থান নির্ণয়

চিত্র 2-এ

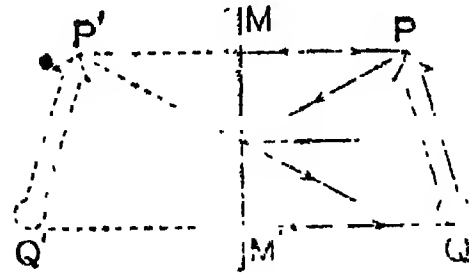
করিলে তাহারা P' বিন্দুতে মিলিত হইবে। উল্টা হইলে P বিন্দু। প্রাপ্তিগ্ধ।

PP' সমলরেখা অঙ্কিত করিলে উহা MM' সমলরেখার লম্ব হইবে এবং MM' সমলরেখা হইলে P বিন্দু দ. ৩. ৬-এ সন্নিবেশিত হইলে P' বিন্দু দূরত্বের সমান হইবে।

2-13 বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (Image of an extended object).

MM' দর্পণের সম্মুখে PQ একটা বিস্তৃত বস্তু (2খ নং চিত্র)। প্রাপ্তিগ্ধ লা হইয়াছে যে বিস্তৃত বস্তুকে অনঙ্গ বিন্দুপ্রভাবের মত চিত্রিত করা যাইতে পারে। সুতরাং বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব নির্ণয় করার জন্যে প্রত্যেক বিন্দুপ্রভাবের প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিয়া উহাদের সমষ্টি নির্ণয় করিতে পারা যাইবে।

PQ বস্তুর P বিন্দু হইতে দর্পণের উপর লম্ব টানিয়া উহাকে পিছনে দিকে সমান দূরে P' বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত করিলে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে। তেমনি অন্যান্য বিন্দু Q হইতে MM' রেখার উপর লম্ব টানিয়া সমদূরে Q' পর্যন্ত প্রসারিত করিলে Q বিন্দুর প্রতিবিম্ব মিলিবে। P এবং Q-এর মধ্যবর্তী বিন্দুপ্রভাবের প্রতিবিম্ব P' এবং Q' -এর মধ্য থাকবে। সুতরাং $P'Q'$ হইল PQ বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (2খ নং চিত্র)।

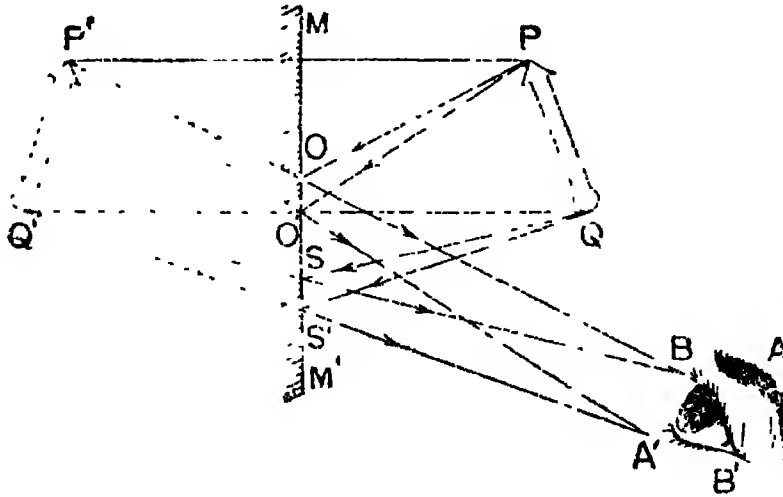


বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব

চিত্র 2-খ

আলোকরশ্মির প্রতিফলনের দ্বারা উক্ত PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব দর্শক কিরূপে দেখিবে তাহা 2দ নং চিত্রে দেখানো হইল।

P বিন্দু হইতে PO এবং PO' রশ্মিগুচ্ছ দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে এমনভাবে পৌঁছায় যে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে অর্থাৎ P' বিন্দু হইতেছে P বিন্দুর অসদ্বিষ। তেমনি সর্বনিম্ন Q বিন্দু হইতে QS ও QS' রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে রশ্মিগুলি Q' বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং চোখ Q বিন্দুর অসদ্বিষ Q' বিন্দুতে দেখিবে। এইভাবে PQ বস্তুর প্রত্যেক বিন্দু হইতে বহুগুচ্ছ



আলোকরশ্মির প্রতিফলনে বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব

চিত্র 2দ

প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে এবং পূর্ণ প্রতিবিম্ব P'Q' দৃষ্টি করিবে।

উপরোক্ত ক্ষেত্রে একটি বিষয় লক্ষ্য করিবার আছে। PQ বস্তু ও চোখের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে কার্যকর হইয়াছে তাহা হইল O হইতে S' পর্যন্ত। সুতরাং উক্ত দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণ হইলেই প্রতিবিম্ব দেখা চলিবে। অবশ্য, চোখ ঐ বস্তু সরাসরি লইলে দর্পণের কার্যকর অংশেবও পরিবর্তন হইবে।

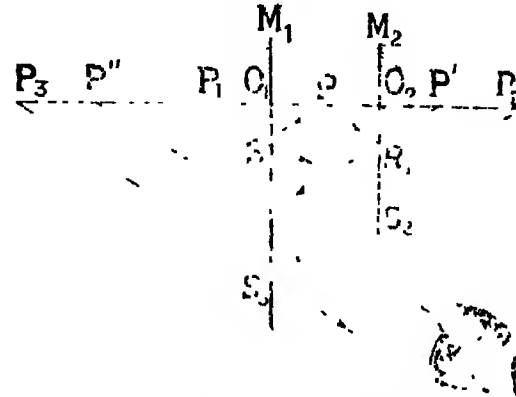
2-14. দুই দর্পণে পর পর প্রতিফলন (Multiple reflection at two mirrors):

(ক) দুইটি সমান্তরাল দর্পণ (Two parallel mirrors):

দুইটি দর্পণকে সমান্তরাল রাখিয়া উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে দাড়াইয়া যেকোন একটি দর্পণের দিকে তাকাইলে মুখের অসংখ্য প্রতিবিম্ব দেখা যায়, তাহা বোধ হয় ভোমবা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে। কিন্তু এই অসংখ্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় নিজে তাহা বুঝান হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরালভাবে বস্কিত সমতল দর্পণ এবং P উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে একটি আলোক বিন্দু। P বিন্দু হইতে M_1 , M_2 দর্পণদ্বয়ের উপর লম্ব টানা হইল এবং উহাকে দুই পাশে বর্ধিত করা হইল। এই লম্ব M_1 ও M_2 দর্পণকে যথাক্রমে O_1 এবং O_2 বিন্দুতে ছেদ করিল (2য় নং চিত্র)।

প্রথমে M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। উক্ত লম্বের উপর P_1 এমন একটি বিন্দু লম্ব সাহায্যে $O_1P_1 = O_1P$ এখন P বিন্দু হইতে আলোকপুচ্ছ M_1 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া মনে হইবে যেন P_1 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অতএব P_1 বিন্দু M_1 দর্পণকর্তৃক সৃষ্ট P বিন্দুর অসদ্বিম্ব। কিন্তু বাস্তব যেমন S_1S_2 বিহীন দর্পণ M_2 কর্তৃক পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং যদি P_2 এমন বিন্দু লম্ব সাহায্যে $O_2P_2 = O_2P_1$ তবে



চিত্র 2য়

মনে হইবে যেন ইহা বা P_2 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে, অর্থাৎ M_2 দর্পণ P_1 বিন্দুর অসদ্বিম্ব P_2 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে। যেহেতু P_2 বিন্দু আবার M_1 দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত সেইহেতু সিক একইভাবে M_1 দর্পণ P_2 বিন্দুর অসদ্বিম্ব P_3 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে। এক্ষেত্রে P_3 বিন্দু এমন হইবে যে $O_1P_3 = O_1P_2$ । এইরূপে ক্রমাগত প্রতিফলনের ফলে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি প্রতিবিম্বগুলি সৃষ্টি হইবে।

এইবার M_2 দর্পণকর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। M_2 দর্পণও M_1 দর্পণের দ্বাৰা প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। ইহাৰ প্রথম প্রতিবিম্ব P' বিন্দু হইবে

$O_2P = O_2P'$. P' বিন্দু এবং M_1 দর্পণের সম্মুখে থাকায় P' বিন্দুতে ইহার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইবে এবং $O_1P' = O_1P''$, ইত্যাদি। এইভাবে P' , P'' , P''' প্রভৃতি বহু প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইবে।

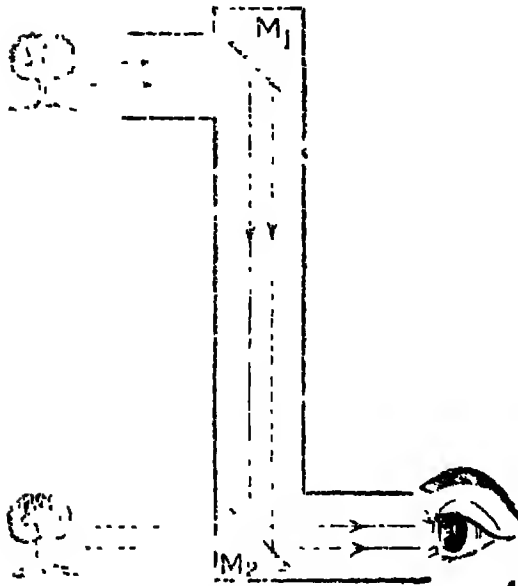
সুতরাং সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক-বিন্দুর অঙ্কের হিসাবে অসংখ্য (infinite) প্রতিবিম্ব থাকিবে কিন্তু প্রত্যেক প্রতিফলনে দর্পণদ্বয় কিছু আলো শোষণ এবং বলিয়া কাষত কিছু সংখ্যক প্রতিবিম্বের পৰ ইঙ্গা অস্পষ্ট হইয়া পড়ে এবং আর দেখা যায় না।

সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

(1) সরল পেরিস্কোপ। (Simple periscope) :

উপরোক্ত সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের নীতি অবলম্বন করিয়া সরল পেরিস্কোপ হইয়া গিয়াছে। ২নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণ সমান্তরালভাবে একটি কাঠের ফ্রেমে বা খাতের নলে আটকানো। দর্পণদ্বয়কে সমান্তরাল রাখিয়া এদিক-ওদিক



সরল পেরিস্কোপ

চিত্র ২নং

ঘুরাইবার ব্যবস্থা আছে। ফ্রেমটিকে খাড়া অবস্থায় রাখিয়া নীচের দর্পণের দিকে তাকাইলে বহুদূরের জিনিস দেখা যাইবে। সাধারণত কোন দূরের জিনিস সোজাভাবে দেখিতে বাধা থাকিলে এই যন্ত্রের সাহায্যে তাহা দেখা যায়। দুবাগত আলোকরশ্মি M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া নলের অক্ষ (axis) বরাবর আসিয়া M_2 দর্পণে পড়িবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া অনুভূমিকভাবে মস্তকের চোখে পৌছাইবে। সুতরাং দূরের জিনিস

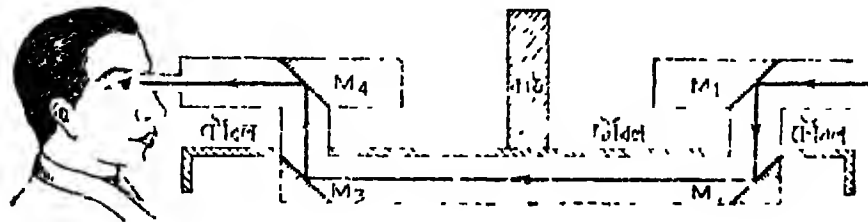
সোজাভাবে না দেখিতে পাউলেও এইভাবে দেখা যাইবে।

গভের মাঠে বহু লোক এই ধরনের পেরিস্কোপ লইয়া ভীড়ের উপর দিয়া খেলা দেখে। যুদ্ধের সময় পবিত্রাণ ভিতর লুকাইয়া বিপক্ষ সৈন্যদের কার্যকলাপ এই পেরিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। ডুবোজাহাজে ইহা অপেক্ষা উন্নত ধরনের পেরিস্কোপ ব্যবহৃত হয়।

(ii) মজার খেলা ; কাঠের ভিতর দিয়া দেখা :

সমান্তরাল দর্পণ দিয়া তোমরা একটি মজার খেলা করিতে পার। নীচে এই খেলার আবশ্যকীয় ব্যবস্থা বর্ণনা করা হইল [2ন (i) নং চিত্র]।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণ—আবার M_3 এবং M_4 আর দুইটি সমান্তরাল দর্পণ। M_1 এবং M_4 একটি টেবিলের উপরে বস্কিত এবং M_3 এবং M_2 টেবিলের নীচে আটকানো। টেবিলের উপর দুইটি ছিদ্র থাকিবে যাহাতে M_3 দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত বস্তু ছিদ্রপথে M_2 দর্পণে পড়িতে পারে এবং M_3 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত বস্তু দ্বিতীয় ছিদ্রপথে M_4 দর্পণে পড়ে। M_1 এবং M_4 দর্পণদ্বয়কে দুইটি নলের মধ্যে বসাইয়া একই সরল রেখায় রাখিতে পারিলে আনো ভাল হয়। M_1 এবং M_4 দর্পণ দুইটির মাঝখানে একখান কাগজ বা কোন অস্বচ্ছ বস্তু রাখ। M_4 দর্পণের পিছনে চোখ রাখিলে কাঠের অগ্রপার্শ্বে অবস্থিত বস্তু দেখা যাইবে। যে-বার্জ টেবিলের তলদেশ দর্পণদ্বয়ের অসম্মান সম্মুখে কিছু জানে না তাহাও মনে হইবে কাঠের ভিতর দিয়া জিনিস দেখিতেছে। কিন্তু আসল ব্যাপার কি হইতেছে? দেখে কোন জিনিস হইতে



কাঠের ভিতর দিয়া দেখা

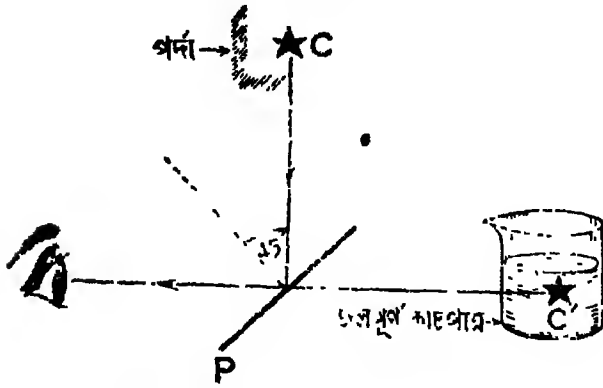
চিত্র 2ন (i)

আলোকরশ্মি M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া টেবিলের ছিদ্র দিয়া M_2 দর্পণে পড়িতেছে। ঐ বস্তু টেবিলের সমান্তরালভাবে গিয়া M_3 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় ছিদ্র দিয়া M_4 দর্পণে পড়িতেছে এবং পথে দর্পণের চোখে পৌছাইতেছে।

(iii) জলের মধ্যে মোমবাতি জলা (Candle burning in water) :

এই মজার খেলাটি দেখাইতে হইলে একটি পরিষ্কার কাচের পোট এবং জলপূর্ণ একটি কাচের পাত্র লইতে হইবে।

P হইল কাচের প্লেট। ইহাকে এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে একটি জলস্ত মোম-বাতি C হইতে আলোকরশ্মি উহার উপরে 45° কোণে আপতিত হয় [2নং (ii) নং চিত্র]।



জলের মধ্যে মোমবাতি জলা

চিত্র 2নং (ii)

কাচের প্লেট রশ্মিকে আংশিকভাবে প্রতিফলিত করিবে এবং রশ্মিটি মোট 90° ঘুরিয়া মাতৃষেব চোখে পৌঁছাইবে। কিন্তু চোখ দেখিবে যেন মোমবাতিটি C' বিন্দুতে আছে।

C' হইবে C বিন্দুর প্রতিফলিত প্রতিবিম্ব। প্রতিবিম্বের

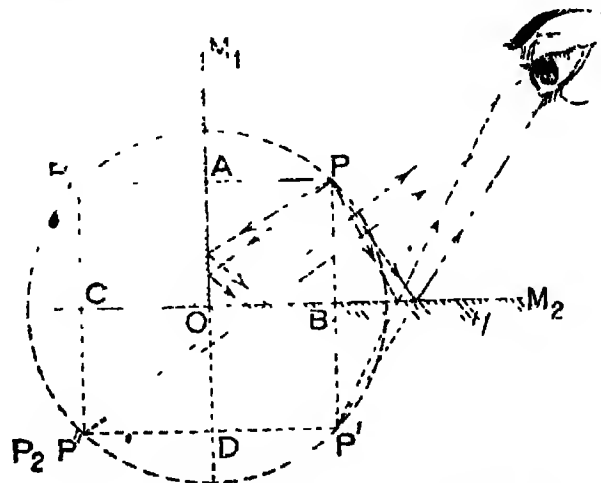
স্থানে একটি জলপূর্ণ কাচপাত্র রাখিয়া দিলে কাচের প্লেটের ভিতর দিয়া পাত্রটিকেও দেখা যাইবে এবং দর্শক মনে করিবে যেন জলের ভিতর মোমবাতি জলিতেছে। খেলাটিকে চিত্রাকর্ষক করিতে হইলে C মোমবাতিটিকে একটি স্বচ্ছ পর্দা দ্বারা এমনভাবে ঢাকিতে হইবে যেন মোমবাতি হইতে সরাসরি আলোকরশ্মি মাতৃষেব চোখে না পৌঁছায় কিন্তু P-প্লেটের উপর যেন পড়িতে পারে। তলে দর্শক মোমবাতিটিকে দেখিবে না কিন্তু জলের ভিতর উহার প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(খ) সমকোণে স্থানিত দুইটি দর্পণ (Two mirrors at right angles to each other):

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত সঙ্গভাবে সংযুক্ত অর্থাৎ $\angle M_1OM_2$ একটি সমকোণ। P একটি আলোকবিন্দু (2নং চিত্র)।

M_1O দর্পণের উপর PAP_1 লম্ব টানিয়া যদি $P_1A = PA$ করা হয় তবে

P_1 -হইবে M_1O দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O



সমকোণে স্থানিত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 2পৃ

দর্পণের সম্মুখে পড়াতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে। এই প্রতিবিম্বের অবস্থান পাইতে গেলে M_2O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর PCP_2 লম্ব টান যাহাতে $P_1C = P_2C$ হয়। তাহা হইলে P_2 বিন্দু হইবে P_1 বিন্দুর প্রতিবিম্ব। চোথকে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে আলোক-বস্তুর কিকণ প্রতিফলন হওয়া প্রয়োজন তাহা 2য় নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে, এখন P_2 বিন্দু উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে ইহার আর কোন প্রতিবিম্ব হইবে না।

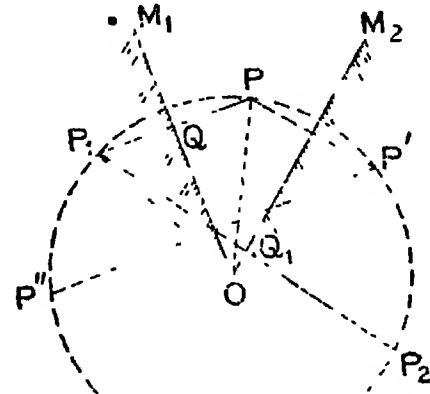
কিন্তু P বিন্দু OM_2 দর্পণের সম্মুখে বলিয়া P বিন্দুতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে এবং $PB = BP'$ । আবার P' বিন্দু M_1O দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহারও একটি বিম্ব সৃষ্টি হইবে। এই বিম্বের অবস্থিতি নিম্ন কবিত্তে গেলে M_1O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর $P'D$ লম্ব টান এবং $P'D$ -এর সমান করিয়া $P''D$ পর্যন্ত উহাকে প্রসারিত কর। P'' হইবে P' বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এবার ইহা উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে উহার আর কোন বিম্ব হইবে না। মূল জ্যামিতির দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে P_2 ও P'' বিন্দুদ্বয় একই।

সুতরাং সমকোণে এক্ষিত দর্পণদ্বয়ের মতো অবস্থিত P বিন্দুর তিনটি প্রতিবিম্ব (P_1 , P' এবং P_2 অথবা P'') পাওয়া যাইবে। এখ প্রতিবিম্বগুলি মূল বিন্দু সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইবে O বিন্দু এবং ব্যাসার্ধ হইবে OP ।

(গ) যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ (Two mirrors inclined at any angle):

M_1 এবং M_2 দুইটি দর্পণ M_1OM_2 কোণে অবস্থিত। P উহাদের মধ্য অবস্থিত একটি আলোকবিন্দু (2য় নং চিত্র)।

P বিন্দু হইতে M_1O রেখার উপর PQ লম্ব টান এবং উহাকে P_1 পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে $PQ = P_1Q$ হয়। অতএব P_1 হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি প্রতিবিম্ব P_2 সৃষ্টি করিবে যদি $P_1Q_1P_2$ রেখা M_2O রেখার উপর লম্ব হয় এবং $P_1Q_1 = P_2Q_1$



যে কোন কোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 2য়

হয়। এইভাবে যতক্ষণ না প্রতিবিম্ব উভয় দর্পণের পিছনে পড়ে ততক্ষণ বার বার প্রতিফলনের জন্ত প্রতিবিম্বরূপি সৃষ্টি হইবে।

আবার M_2O দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিফলন বিবেচনা করিলে উপরোক্তভাবে P', P'' প্রভৃতি প্রতিবিম্বরূপি সৃষ্টি হইবে।

এইবার, POQ এবং P_1OQ ত্রিভুজ দুইটি লও।

$$PQ = P_1Q$$

$$\angle OQP = \angle OQP_1 \quad \text{প্রত্যেকে 1 সমকোণ}$$

QO সাধারণ বাহু।

সুতরাং, ত্রিভুজদ্বয় সমসম। কাজেই $PO = P_1O$

ঠিক একে ভাবে প্রমাণ করা যাউতে পারে যে $P_1O = P_2O = P'O = P''O$ ইত্যাদি।

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বগুলি মূলবিন্দু P -সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যার কেন্দ্র হইল O বিন্দু ও ব্যাসার্ধ হইল OP ।

যদি $\angle M_1OM_2 = \theta$ হয়, তবে প্রমাণ করা যায় প্রতিবিম্বের সংখ্যা

$$n = \left(\frac{360}{\theta} - 1 \right) \quad \text{অর্থাৎ, যদি } \theta \text{ বা } \theta \text{ দর্পণদ্বয় } 60^\circ \text{ কোণ করিয়া}$$

অন্তরান করিতেছে তবে উহাদের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক-বিন্দুর

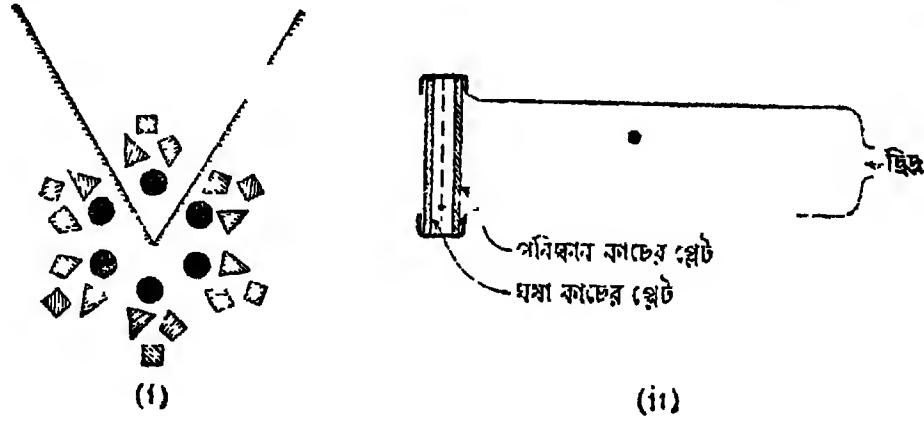
$$\text{প্রতিবিম্বের সংখ্যা } n = \left(\frac{360}{60} - 1 \right) = 5$$

কার্যকর প্রয়োগঃ

ক্যালিডোস্কোপ (The kaleidoscope) : ইহা ছোট ছেলেমেয়েদের একটি খেলনা। যেকোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ যেভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে সেই নীতি থেকে এটি যত্নে প্রয়োগ করা হইয়াছে।

একটি নলের ভিত্তর তিনখানি সমতল দর্পণের পাত পরস্পরব সমীত 60° কোণ করিয়া বসানো। নলের একপ্রান্ত একখানি শক্ত কার্ডবোর্ডের টুকরা বাঁধা বন্ধ করা এবং উহা'র মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। নলের অপর প্রান্ত একখানি ঘটা কাচ দ্বারা বন্ধ করা থাকে। এই ঘটা কাঁচের উপর এবং দর্পণ তিনটির ভিত্তর কয়েক টুকরা বিভিন্ন রং-এর কাচখণ্ড রাখা হয় এবং তারপর একখানি পরিষ্কার কাচের প্লেট রাখা হয় [2 ভ (ii) নং চিত্র]। যখন কোন ব্যক্তি কার্ডবোর্ডের ছিদ্র দিয়া তাকায় তখন সে দর্পণগুলি কর্তৃক বিভিন্ন রংয়ের

চাঁচের টুকরার প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়। প্রত্যেক জোড়া দর্পণ 60° কোণে
সবস্থিত বলিয়া পাঁচটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং সব প্রতিবিম্ব মিলিয়া



চিত্র 25

একটি সুন্দর নকশা (pattern) তৈরী হইবে [চিত্র 25 (i) ও (ii)]। নতুন
আলো আলো যুক্তিলে কাচখণ্ডগুলির অবস্থানের আলো আলো প্রতিফলন হইবে
এবং প্রতিফলন ফলে নতুন নতুন নকশা দেখা যাইবে।

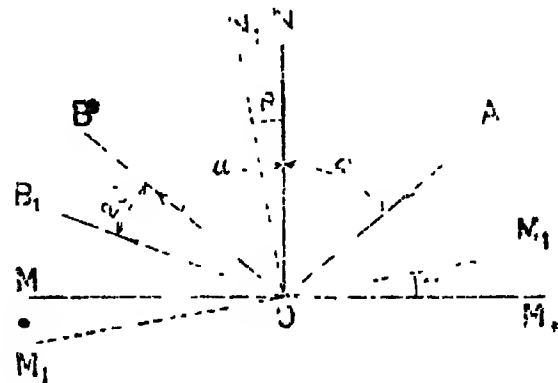
2-15. ঘূর্ণমান দর্পণ (Rotating mirror):

আপতিত বস্তুকে কোন দিক পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণে
ঘুরাইলে প্রতিফলিত বস্তু 2θ কোণ ঘুরিবে। এতাই হইল নানান দর্পণের
নীতি।

ধরা যাউক, MM, হইল দর্পণের প্রথম অবস্থান (এমন স্থান)। AO
আপতিত রশ্মি ও OB প্রতিফলিত বস্তু। ON এখন আপতন বিন্দু O হইতে
MM রেখার উপর অভিলম্ব।

এখানে $\angle AON = \angle BON$
(প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী)।
ধরা যাউক, উভয়েই α .
সুতরাং $\angle AOB = 2\alpha$.

এবার দর্পণ θ কোণ
ঘুরিয়া M_1M_1 রেখায়
অবস্থান করিল। সুতরাং



চিত্র 26

অভিলম্ব θ কোণ ঘুরিবে। ধর, অভিলম্ব ON_1 রেখায় অবস্থান করিল।

এই অবস্থাতে ধরা যাউক, OB_1 প্রতিফলিত রশ্মি। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল তাহা হইল $\angle BOB_1$ । প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী,

$$\angle AON_1 = \angle B_1ON_1$$

$$\text{কিন্তু } \angle AON_1 = \alpha + \theta$$

$$\therefore \angle AOB_1 = 2(\alpha + \theta)$$

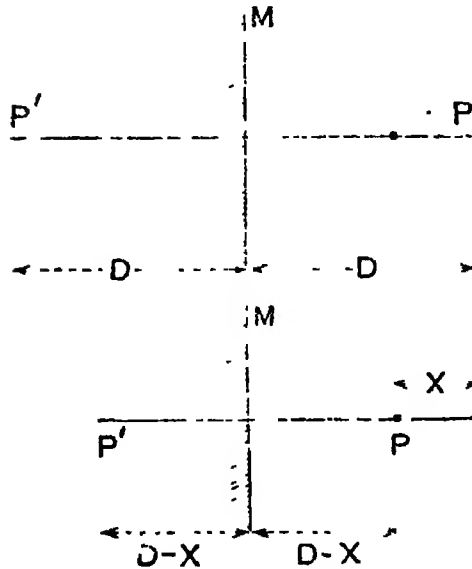
$$\therefore \angle BOB_1 = \angle AOB_1 - \angle AOB = 2(\alpha + \theta) - 2\alpha = 2\theta$$

সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল ($\angle BOB_1$) তাহা 2θ ।

২-১৬. সমতল দর্পণ-সংক্রান্ত কয়েকটি সম্পাত্ত :

(১) যদি কোন বস্তু দর্পণের দিকে অথবা দর্পণ হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরে সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু দর্পণ M হইতে D দূরে অবস্থিত (২য় নং চিত্র)। উহার প্রতিবিম্ব P' বিন্দুও দর্পণ হইতে D দূরে থাকিবে। এখন P বিন্দু যদি দর্পণের দিকে X সরিয়া আসে তবে উহার বর্তমান দূরত্ব হইবে ($D - X$)।



চিত্র ২য়

সুতরাং উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বও হইবে ($D - X$)। পূর্বে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ছিল D । অতএব প্রতিবিম্ব দর্পণের দিকে $D - (D - X)$ অর্থাৎ X সরিয়া গেল।

(২) যদি দর্পণ কোন বস্তুর দিকে অথবা বস্তু হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে বস্তুর প্রতিবিম্ব অনুরূপভাবে উহার দ্বিগুণ সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু M দর্পণ হইতে D দূরে অবস্থিত। উহার প্রতিবিম্ব P' বিন্দুও দর্পণের পশ্চাতে D দূরে থাকিবে [পর্ব পৃষ্ঠায় ২য় (i) নং চিত্র]।

এখন যদি দর্পণ P বিন্দুর দিকে X সরিয়া যায় তবে P বিন্দুর বর্তমান দূরত্ব $= D - X$ [পর্ব পৃষ্ঠায় ২য় (ii) নং চিত্র]।

হুতরাং প্রতিবিম্ব P' দর্পণের পশ্চাতে $(D - X)$ দূরে থাকিবে।

পূর্বে বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর
দূরত্ব $= 2D$.

এখন বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর
দূরত্ব $= 2(D - X)$ । যেহেতু বস্তু স্থির
কাজেই প্রতিবিম্বের অবগ

$$= 2D - 2(D - X) = 2X.$$

চিত্র 2ব

অতএব, দর্পণ বস্তুব দিকে X সরিলে বস্তুর প্রতিবিম্ব $2X$ সরিবে।

(3) দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের ভিতর একটি নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান করে। একটি রশ্মি প্রথম দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া দ্বিতীয় দর্পণে পড়িল এবং প্রতিফলিত হইয়া প্রথম দর্পণে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় দর্পণের সমান্তরাল ভাবে বাহির হইল। দর্পণ দুইটির ভিতরে কোণ নির্ণয় কর।

ধবা বাড়ক, M_1 ও M_2 দর্পণ দুইটি পরস্পরের ভিতর M_1OM_2 কোণ কবিয়া আছে। AB একটি রশ্মি M_1 -দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া M_2 দর্পণে B বিন্দুতে আপতিত হইল। ঐ রশ্মি BC পথে প্রতিফলিত

হইয়া M_1 দর্পণে পড়িল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া M_2 দর্পণের সমান্তরালভাবে CD পথে নির্গত হইল (2ল নং চিত্র)।

যেহেতু AB এবং M_1O সমান্তরাল এবং OM_2 উহাদের ছেদ করে, সেইহেতু $\angle ABM_2 = \angle M_1OM_2 = \theta$ (ধর)।

আবার, CD এবং M_2O

সমান্তরাল এবং M_1O উহাদের

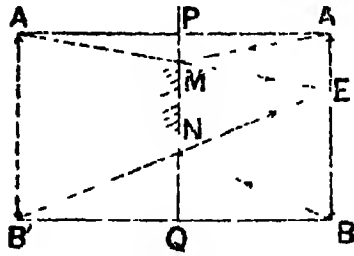
ছেদ করে বলিয়া $\angle M_1CD = \angle M_1OM_2 = \theta$.

আবার, AB আপতিত রশ্মি ও BC প্রতিফলিত রশ্মি হওয়াতে $\angle ABM_2 = \angle CBO = \theta$, একই কারণে $\angle M_1CD = \angle BCO = \theta$.

অর্থাৎ, $\triangle OBC$ -তে তিনটি কোণ পরস্পরের সমান। কাজেই $\angle M_1OM_2 = 60^\circ$ ।

(4) প্রমাণ কর যে নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

ধব, AB মানুষের দৈর্ঘ্য এবং E তার চক্ষু (2শ নং চিত্র)। PQ মানুষের সম্মুখে অবস্থিত দর্পণ। A হইতে PQ রেখার উপর লম্ব টানিয়া



চিত্র 2শ

উহাকে A' পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে $AP = A'P$ হয়। সুতরাং A' হইবে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব। A' ও E যোগ কর এবং মনে কর উহা দর্পণকে M বিন্দুতে ছেদ করিল। বশি A হইতে নির্গত হইয়া দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে মনে হইবে

A বিন্দু A' বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে। অর্থাৎ দর্পণ M বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলেই A' প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু Bকে দেখিতে হইলে দর্পণ N বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া দরকার। সুতরাং নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে MN দৈর্ঘ্যের দর্পণ প্রয়োজন।

AA'E ত্রিভুজে P বিন্দু AA' রেখার মধ্যবিন্দু হওয়াতে এবং PM বোঝা AE বোঝার সমান্তরাল বলিয়া M বিন্দু A'E বোঝার মধ্যবিন্দু।

অনুরূপ ভাবে N বিন্দু B'E রেখার মধ্যবিন্দু প্রমাণ করা যায়। সুতরাং EA'B' ত্রিভুজে যে M বিন্দু M ও N হওয়াতে MN রেখা A'B' বোঝার অর্ধেক। অর্থাৎ, দর্পণের কার্যকর অংশ (MN) মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হওয়া প্রয়োজন।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে, দর্পণের সম্মুখে মানুষ কোথায় দাঁড়াইবে এ প্রশ্ন এখানে উঠে না। অর্থাৎ মানুষ দর্পণের সম্মুখে যেখানেই দাঁড়াইবে সেখান হইতে সে উক্ত দৈর্ঘ্যের দর্পণের মধ্য দিয়া নিজ আকৃতির পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(5) একটি ঘরের দেওয়ালে একখানি দর্পণ টাঙ্গানো আছে এবং ঘরের মধ্যস্থলে একজন লোক দাঁড়াইয়া আছে। দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে লোকটি তার পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

ধর, AB এবং CD হইল দুই দেওয়াল এবং ঘরের মাঝখানে
 দণ্ডায়মান EF হইল লোকটি। E লোকটির চক্ষু (চিত্র 2ঘ)। AC
 দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া CA' টান A' C A
 এবং BD দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া
 DB' টান। স্পষ্টতঃ A'B' হইবে
 AB দেওয়ালের প্রতিবিম্ব।
 দর্শককে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে
 হইলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত B' D F
 হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। চিত্র 2ঘ

A' এবং B' এব সাহত E যুক্ত কর এবং মনে কর উহা বা CD দেওয়ালকে
 M এবং N বিন্দুতে ছেদ করিল। MN হইবে দর্পণের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য ;
 কারণ A বিন্দু হইতে আলোক-কণি M বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে
 পৌছাইলে চোখ A' প্রতিবিম্ব দেখিবে। আবার, B বিন্দু হইতে অনুরূপভাবে
 আলোককণি N বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে চোখ B'
 প্রতিবিম্ব দেখিবে। সুতরাং দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN হইলে চোখ পূর্ণ
 প্রতিবিম্ব A'B' দেখিতে পাইবে।

$$\text{এখন, } FD = FB \text{ এবং } B'D = DB$$

$$\therefore DF = \frac{1}{2} BF$$

$$\text{সেহেতু, } DN \text{ এবং } FE \text{ সমান্তরাল এবং } DF = \frac{1}{2} BF$$

$$\text{কাজেই, } NE = \frac{1}{2} B'E$$

$$\text{একই কারণে, } ME = \frac{1}{2} A'E$$

এখন, A'EB' এবং MNE ত্রিভুজ দুটি সদৃশ।

$$\text{অতএব } \frac{MN}{A'B'} = \frac{ME}{A'E} = \frac{NE}{B'E} = \frac{1}{2}$$

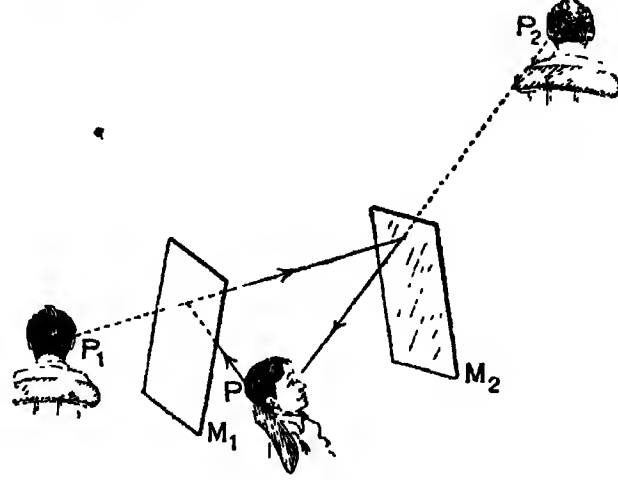
$$\therefore MN = \frac{1}{2} A'B' = \frac{1}{2} AB.$$

অর্থাৎ দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য = $\frac{1}{2} \times$ দেওয়ালের উচ্চতা।

(6) দুইটি দর্পণের সাহায্যে মাথার পশ্চাদ্ভাগ দেখা :

M₁ এবং M₂ দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সমান্তরাল একটিকে আন। ভাবে
 রাখিয়া উহাদের মধ্যে দর্শক অবস্থান করিলে দর্শক তাহার মাথার পশ্চাদ্ভাগ
 দেখিতে পাইবে। এক্ষেত্রে M₁ দর্পণ দর্শকের মাথার পশ্চাদ্ভাগের প্রতিবিম্ব

P_1 গঠন করিবে এবং তাহার আবার আর একটি প্রতিবিম্ব P_2 গঠন করিবে M_2 দর্পণ। দর্শক M_2 দর্পণে ঐ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে (2স নং চিত্র)।



চিত্র 2স

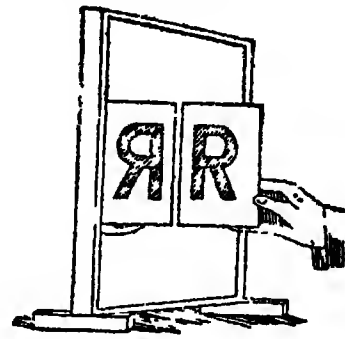
সেলুনে চুল কাটিবার সময় সামনে-পিছনে দুইটি আয়না বাথিয়া মাপাব পশ্চাদ্ভাগ দেখানো হয়, ইহা হয়ত তোমবা লক্ষ্য করিয়াছ।

*2-17. পার্শ্বীয় পরিবর্তন (Lateral inversion) :

আয়নার সামনে দাঁড়াইলে আমাদের বাম হাত ডান হাত বলিয়া এবং ডান হাত বাম হাত বলিয়া মনে হয়। একটি কাগজে 'R' কথাটি লিখিয়া আয়নার সামনে ধর (2হ নং চিত্র)। দেখিবে প্রতিবিম্ব উল্টাইয়া গিয়াছে। প্রতিবিম্বে এই পরিবর্তনকে পার্শ্বীয় পরিবর্তন বলা হয়। প্রতিসম (symmetrical) বস্তুর প্রতিবিম্বে এইভাবে কোন পরিবর্তন দেখা যায় না।

পার্শ্বীয় পরিবর্তনের কারণ এই যে, আয়না হইতে বস্তুর দূরত্ব উহাব প্রতিবিম্বের দূরত্বের সমান। প্রতিবিম্বের পার্শ্ব পরিবর্তন হইলেও প্রতিবিম্বের আকার একই থাকে।

কাগজে কিছু লিখিয়া ব্লটিং কাগজে চাপিলে ব্লটিং কাগজে উল্টা ছাপ পড়ে। এইবার ব্লটিং কাগজকে আয়নার সম্মুখে ধরিলে উল্টা লেখা পার্শ্বীয় পরিবর্তনের ফলে সোজা দেখা যাইবে।



প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন
চিত্র 2হ

সারাংশ

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলে। কিন্তু অল্প কোন মাধ্যমে আপতিত হইলে আলোর কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়। আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার : (1) নিয়মিত প্রতিফলন ও (2) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন।

নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র :

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এক সমতলে অবস্থান করে।

(2) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে।

প্রতিবিশ্ব : যখন কোন বিন্দুপ্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিফলিত হইয়া অল্প কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অল্প কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুপ্রভবেব প্রতিবিশ্ব বলা হয়।

প্রতিবিশ্ব দুই প্রকার : (1) সদবিশ্ব ও (2) অসদবিশ্ব।

সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিশ্ব সৃষ্টি করে তাহা নিম্নলিখিত ধর্ম অনুসারে :

(1) দর্পণ হইতে বস্তু দূরত্ব - দর্পণ হইতে প্রতিবিশ্বের দূরত্ব।

(2) প্রতিবিশ্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা যোগ করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(3) প্রতিবিশ্ব অসদ।

ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি :

আপতিত রশ্মি কোন পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণ ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণে ঘুরিবে।

প্রশ্নাবলী

1. আলোক প্রতিফলন কাকাকে বলে? প্রতিফলনের সূত্র কি? ঐ সূত্রগুলির সত্যতা প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[What is reflection of light? What are the laws of reflection? How would you verify the laws?] [cf. H. S. Exam. 1962, P. U 1962]

2. প্রতিফলন সূত্রসমূহের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে? সমতল দর্পণ প্রতিবিশ্ব দূরত্ব ও বস্তু দূরত্ব সমান হয় ইত্য প্রমাণ করিবার জন্য একটি উপযুক্ত পদার্থ নির্ণয় কর।

সমতল দর্পণে একটি আলোক বস্তু 60° কোণে আপতিত হইলে প্রতিফলনের পব বস্তুই চ্যুতি কত হইবে? নক্সাব সাহায্যে ব্যাখ্যা কব।

[How would you experimentally verify the laws of reflection? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by a diagram.] [H. S. Exam. 1961]

8. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) আয়নায় আলো পড়িলে চকচকে দেখায় কিন্তু দেওয়ালে আলো পড়িলে চকচকে দেখায় না। কেন?

(খ) দর্পণের পশ্চাদভাগে অস্বচ্ছ পারদ-প্রলেপ দেওয়া থাকে কেন?

(গ) ক্যামেরা, দূরবীণ প্রভৃতি যন্ত্রে অভ্যন্তরীণ কক্ষবর্ণ কবা হয় কেন?

(ঘ) সিনেমার পর্দা সাদা এবং সম্মুখ কবা হয় কেন?

(ঙ) উষা এবং গোবুলিতে আকাশের রং লাল হয় কেন?

(চ) ঘসা পাচ জলে ভিজাইলে লোহ অক্সিড দেখায় কেন?

(ছ) কোন দর্পণ ঠিক সমতল কিনা কিরূপে বুঝবে?

[Answer the following questions correctly :—

(a) A mirror appears shining when light falls on it but a wall does not. Why?

(b) Why is a mirror given an opaque coating of mercury at its back?

(c) Why are the interiors of instruments like camera, telescope etc. painted black?

(d) Why is the projection screen in a cinema made of rough and white material?] [H. S. Exam. 1963]

(e) Why does the sky look red at dawn and twilight?

(f) Why does a sheet of ground-glass become almost transparent when wet?

(g) How would you test the planeness of a mirror?]

4. (ক) সমতল দর্পণ (খ) বায়ুর দেওয়াল এবং (গ) পবিকার কাচের দ্বারা কর্তৃক প্রতিফলনের ভিত্তি পাথক্য কি?

[What differences are there in the reflection of light from (a) plane mirror (b) the wall of a room and (c) a white sheet of glass?]

5. প্রতিবিম্ব বলিতে কি বোঝ? কয়প্রকার প্রতিবিম্ব আছে? উহাদের ভিত্তি পাথক্য কি?

[What do you mean by an image? How many kinds of images are there? What is the difference between them?]

6. আলোক বস্তুই প্রতিফলনের সূত্র বল, কোন বিন্দুপ্রভব হইতে নির্গত আলোক-বস্তু সমতল দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি বিন্দু হইতে অগম্যত হয় তাহা দেখাও। ঐ বিন্দুকে কি বলে? উহাব অবস্থান কোথায়? উহাব প্রকৃতি কিরূপ?

[State the laws of reflection of light. Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed, after reflection, as though they diverge from a single point. What is that point called ? What is its position ? And nature ?] [H. S. Exam. 1960]

৭. ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে সমতল দর্পণ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রমাণ কর যে দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব বস্তুর দূরত্বের সমান।

[Explain, by a diagram, how a plane mirror produces an image. Prove that the distance of the image from the plane mirror is equal to that of the object.]

৪. সমতল দর্পণ বস্তুকে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। এই প্রতিবিম্ব কোথায় অবস্থিত হইবে? প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী একটি ছবি আঁকিয়া বুঝাও যে তুমি যে অংশে বস্তু রাখা বলিয়াছ প্রতিবিম্ব ঐ অবস্থানে আছে।

তোমার উক্তিটি পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[State the position of an image of an object formed by a plane mirror. Draw a diagram, based on the laws of reflection, which will show that the image has the position you have stated.

How would you verify your statement by experiment "]

৯. দুইটি দর্পণ সমান্তরাল থাকিলে এবং সমকোণে থাকিলে উভয় দিক দর্পণ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তখন ছবি আঁকিয়া বুঝাও।

[Explain, by diagrams, how two plane mirror inclined at right angles and parallel to each other, produce images of an object] [cf H S (comp) 1961]

১০ (a) M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে P একটি বিন্দু আছে। M_1 দর্পণ হইতে উহার দূরত্ব ৪ cm এবং M_2 দর্পণের ভিতর দিয়া দৃষ্ট দ্বিতীয় প্রতিবিম্ব M_1 দর্পণ হইতে ১২ cm দূরে অবস্থিত। দর্পণ দুইটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object P is placed between two parallel mirrors M_1 and M_2 . The distance of P from M_1 is 4 cm and the distance of the second image seen through M_2 is 22 cm. from M_1 . Find the distance between M_1 and M_2 .]

[Ans 9 cm.]

(b) A এবং B দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে একটি বস্তু বিন্দু রাখা আছে। দর্পণদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব ৪ inches এবং বস্তুবিন্দু একটি দর্পণ হইতে ২ inches দূরে। A দর্পণের প্রতিবিম্ব এবং B দর্পণের পশ্চাতে তৃতীয় আভাব্য দুইটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A point object is placed between two plane parallel mirrors A and B. which are 4 inches apart. The point object is 2 inches from one of the mirrors. Find the distance between the third image behind A and the third image behind B.] [Ans, 32 inches]

১১. প্রমাণ কর যে সমতল দর্পণ যে-কোণে অবস্থিত হয়, প্রতিফলিত রশ্মি উহার দ্বিগুণ কোণে অবস্থিত হয়।

[When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much.]

[H. S. Exam. 1960 ; (comp) 1962, '63 , P. U. 1962]

12. দুইটি দর্পণ সমকোণে স্থানিত আছে। একটি বস্তু পর্ব পর্ব দর্পণ দুইটি দ্বারা প্রতিফলিত হইল। প্রমাণ কর যে মূল বস্তু ও শেষ প্রতিফলিত বস্তু পরস্পর সমান্তরাল।

[A ray of light is reflected successively from two plane mirrors inclined at right angles to each other. Prove that the ray after second reflection is parallel to its original direction.]

13. নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়, উহা ছবি আঁকিয়া প্রমাণ কর।

[Prove by means of a diagram, that a person can see his full image through a plane mirror whose height is half the height of the person]

[cf. H. S. (comp) 1960, '61, H. S. Exam. 1962]

14. একটি বন্দে ঘরগানে এক শক্তি দণ্ডায়মান। এই ব্যক্তির সম্মুখের দেওয়ালের একটি আয়না টাঙানো আছে। আয়নাটির দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ ব্যক্তি আয়নার ভিতর দিয়া গঠনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে? দেওয়ালের উচ্চতা 15 ft.

[A man is standing at the middle of a room and a plane mirror is hanging on the wall in front. What is the minimum size of the mirror through which the person will see full image of the wall behind him, the wall being 15 ft high ?

[cf. H. S. Exam 1964] [Ans 6 ft.]

15 MN একখানি সমতল দর্পণ। AB এবং BC দর্পণের উপর আপতিত ও উহা প্রতিফলিত বস্তু। D দর্পণের উপর যেকোন বিন্দু। প্রমাণ কর যে, $AB + BC < AD + DC$

[MN is a plane mirror AB and BC are the incident and reflected rays. D is any point on the mirror. Prove that $AB + BC < AD + DC$.]

16 (i) কোন ব্যক্তি দর্পণের অভিমুখে 5 ft/sec গতিবেগে দৌড়াইলে সে ও তার পূর্ণ প্রতিবিম্বের ভিতর দাঁড় কর কত বেগে কমবে?

[A man is running toward a plane mirror with a velocity of 5 ft/sec At what rate will he approach his image ?] [H. S. (comp) 1960]

[Ans. 10 ft/sec]

(ii) কোন দর্পণ যদি কোন বস্তুর দিকে 2 ft/sec বেগে অগ্রসর হয় তবে প্রমাণ কর যে বস্তুর প্রতিবিম্ব বস্তুর দিকে 4 ft/sec বেগে অগ্রসর হইবে।

[A plane mirror is moving towards an object at a rate of 2 ft/sec Prove that the image is approaching the object at a rate of 4 ft/sec.]

(iii) দুইটি সমতল দর্পণের সাহায্যে তুমি কিরূপে তোমার মাথার পশ্চাদ্ভাগ দেখিতে পাব?

[How can you place two plane mirrors so that you can see the back of your head ?] [H. S. (comp) 1963.]

17. সমতল দর্পণে প্রতিফলনের পৰ যে প্রতিবিম্ব হয় তাহাৰ 'পার্শ্বীয় পৰিবৰ্তন' ঘটে— ইহাৰ ব্যাখ্যা কৰ।

[The image formed by a single reflection at plane mirror is said to be 'laterally inverted'. Explain this.] [H. S. (comp) 1960]

18. পৰিষ্কাৰ ছবি আঁকিয়া একটি পেরিস্কোপেৰ কাৰ্যপ্ৰণালী বৰ্ণনা দাও। ইহা কি কাজে ব্যৱহৃত হয় ?

[Explain, with a diagram, the action of a periscope. For what purpose is it used ?] [H. S. Exam., 1962, '64]

19. দৰ্পণেৰ সম্মুখে অবস্থিত কোন বস্তু যদি স্থান পৰিবৰ্তন কৰে তেনে উহাৰ প্রতিবিম্বও অনুক্ৰমভাৱে সমান দূৰত্ব সলিয়া যাইবে। প্ৰমাণ কৰ।

'ক্যালিডোস্কোপ' সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ।

[Prove that when an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance

Write a brief note on 'Kaleidoscope'.]

[H. S. (comp) 1962]

20. সমতল দৰ্পণ কৰ্তৃক একটি বিস্তৃত বস্তুৰ প্রতিবিম্ব কাম লক্ষ্য কৰা হৈছে। প্রতিবিম্ব দেখিবলৈ জটীক দৰ্পণেৰ পৰাপূৰি দৈৰ্ঘ্য প্ৰয়োজন ? চিত্ৰ সহযোগে তামাৰ উত্তৰেৰ ব্যাখ্যা কৰ।

সমতল দৰ্পণ যে প্রতিবিম্ব গঠন কৰে তাহা অসদ ও পাৰ্শ্বীয় পৰিবৰ্তনযুক্ত। উহা বলি ত কি দাবী ?

সিনেমাৰ পৰ্দা সাদা এবং অমসৃণ কৰা হয় কেন ?

[You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image ? Explain your answer with the help of a diagram

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics

Why is the projection screen in a cinema house made of rough and white material ?

[H. S. Exam., 1964]

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিসরণ

[Refraction of light at a plane surface]

* 3-1. আলোকের প্রতিসরণ :

একটি জলপূর্ণ পাত্রেব তলদেশে দৃষ্টিপাত করিলে মনে হয় জল তত গভীর নয়। তেমনি একটি লাঠি জলে থানিকটা ডুবাইলে মনে হয় যেন লাঠি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখান হইতে লাঠিটা বাঁকা। ইহা হইতে বোঝা যায় যে আলোক-রশ্মি জলে যে-সবলবেথায় চলে জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে অন্য সবলবেথায় চলে। অর্থাৎ, এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করিলে আলো গতির অভিমুখ পরিবর্তন করে। আলোক-রশ্মির গতির অভিমুখের এই পরিবর্তনকে প্রতিসরণ (refraction) বলে।



যদি মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে

আলোক প্রতিসরণ

চিত্র 3ক

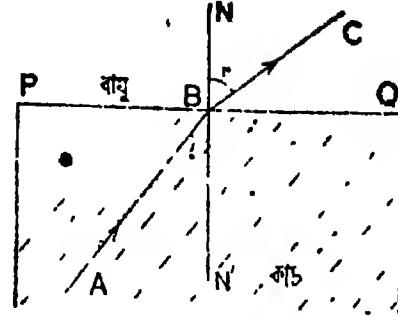
একটি কাচের ব্লকের উপর তির্যকভাবে আপতিত হইল (3ক নং চিত্র)। আলোক-রশ্মি এইবার কাচের ভিতর প্রবেশ করিবে। কিন্তু কাচের ভিতর রশ্মি যে-সরলরেখায় যাইবে তাহা AB হইতে ভিন্ন—কারণ B বিন্দুতে আলোকের প্রতিসরণ হইবে।

ধরা যাউক, কাচের ভিতর আলোক-রশ্মি BC সরলরেখায় গমন করিল। এস্থলে AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি,

B আপতন-বিন্দু (point of incidence) এবং PQ দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলের ছেদ রেখা (line of section)। যদি B বিন্দু দিয়া PQ রেখার উপর লম্ব টানা যায় (NBN') তবে উহাকে আপতন বিন্দুতে বিভাগ-তলের উপর অভিলম্ব বলা হয়। আপতিত রশ্মি AB অভিলম্ব BN-এর সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ $\angle ABN$) তাহাকে আপতন কোণ বলে এবং প্রতিসৃত রশ্মি BC উক্ত অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ, $\angle CBN'$) তাহাকে প্রতিসরণ কোণ বলে।

• দেখা গিয়াছে যে আলোক-রশ্মি যখন লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, বায়ু হইতে কাচে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের দিকে বাকিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা ছোট হয় (3ক নং চিত্র)।

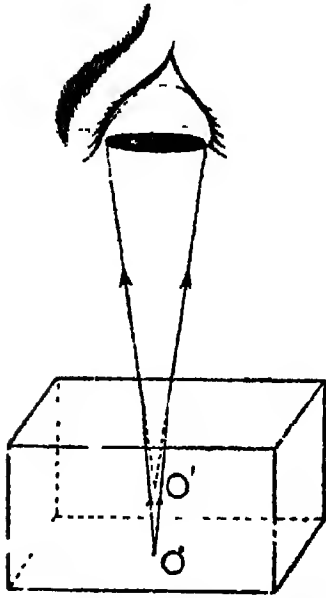
কিন্তু যদি আলোক-রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, কাচ হইতে বায়ুতে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বড় হয় (3খ নং চিত্র)।



ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে
আলোক প্রতিসরণ
চিত্র 3ক

3-2. আলোকের প্রতিসরণের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

(1) একটি কাগজের উপর কালির ফোটা ফেলিয়া উহা উপর একটি



প্রতিসরণের দরুন O বিন্দুকে
O' বিন্দুতে দেখাইবে
চিত্র 3গ

কাচের ব্লক বাখ। এইবাব কাচের ভিতর দিয়া সোজা সূজি ফোটাটি লক্ষ্য করিলে মনে হইবে যে উহা খানিকটা উপরে উঠিয়া আছে। আলোকের প্রতিসরণের জন্যই এইরূপ প্রতীতি হয়।

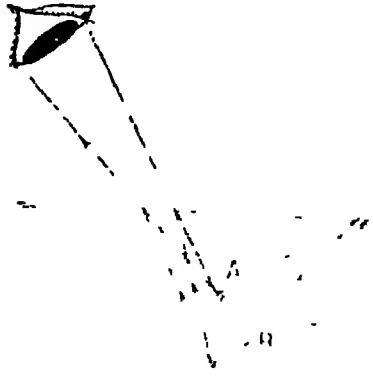
মনে কর, O বিন্দু হইল ফোটাটি (3গ নং চিত্র)। এখন O বিন্দু হইতে রশ্মি গুলুকে চোখে পৌছাইতে কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতে হইবে। স্বতরাং দুই মাধ্যমের বিভাগ তলে রশ্মির প্রতিসরণ হইবে। যেহেতু রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে গাইতেছে, সেই হেতু প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে O' বিন্দু

হইতে আসিতেছে।

একই কারণে জলভর্তি পাত্রের তলদেশে সোজা সূজি তাকাইলে মনে পাত্রের জল তত গভীর নয়।

(2) জলে নিমজ্জিত দণ্ডের বক্রতা :

একটি দণ্ড জলে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে মনে হয় যেন দণ্ডটি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখান হইতে বাকানো (3৬ নং চিত্র)। আলোকের প্রতিসরণেব জন্ম এইরূপ হয়।



প্রতিসরণ : জলে অর্ধনিমজ্জিত দণ্ডটি
বাকানো দেখায়
চিত্র 3৬

দণ্ডেব যে-অংশ জলের উপরে আছে তাহা হইতে আলোক-রশ্মি সোজা-সুজি চোখে আসিবে। সুতরাং ঐ অংশকে চোখ যথাস্থানে দেখিবে। কিন্তু জলের ভিত্তবেব অংশ হইতে আলোকরশ্মি যখন চোখে আসিবে তখন জল ও বায়ু-বিশাগ-তলে প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইবে। এস্থলে রশ্মি সন মাপ্যম হইতে লম্ব মাপ্যমে প্রবেশ করায় প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে যেন B

বিন্দু A বিন্দুতে বসিয়াছে। তেমনি নিমজ্জিত অংশেব অগণ্য বিন্দুগুলিও ঐভাবে মনে হইবে পানিকটা উঠিয়া আছে। সুতরাং নিমজ্জিত অংশ ও বাহিবেব অংশ একই সরলরেখায় দেখা না যাওয়ায় মনে হয় লাঠিটা বাকিয়া আছে।

(3) জলে নিমজ্জিত মুদ্রার প্রতিবিম্ব :

একটি কাঁসার পট বাতিতে একটি চক্চকে মুদ্রা রাখ এবং চোখকে আস্তে আস্তে সবাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে মুদ্রাটি সত্ত্ব দৃষ্টিব অগোচর হয়। এই অবস্থায় মুদ্রা হইতে আলোক-রশ্মি বাটির কিনারা দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হওয়ায় চোখে পৌছায় না।

চোখকে ঐ অবস্থায় রাখিয়া এভাবে বাটি জনপূর্ণ কর। দেখিবে যে মুদ্রাটি দেখা যাইতেছে। এইরূপ হইবার কারণ আলোর প্রতিসরণ (3৬ নং চিত্র)।

বাটিতে জল থাকায় মুদ্রা হইতে আলোক-রশ্মি নির্গত হইয়া জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবে। জল বায়ু

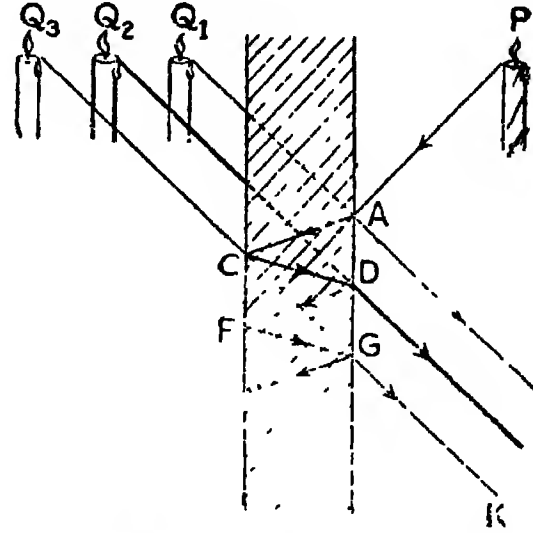


প্রতিসরণেব দরুন মুদ্রাটি
দৃষ্টিব গোচরে আসিয়াছে
চিত্র 3৬

অপেক্ষা ঘন বলিয়া প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং এই প্রতিফলিত রশ্মি যখন চোখে পৌছাইবে তখন মনে হইবে যেন P বিন্দুটি P' বিন্দুতে অবস্থিত আছে। অর্থাৎ, মনে হইবে মূত্রাটি খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে। সুতরাং ইহা দৃষ্টির গোচরে আসিবে।

(4) মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব সৃষ্টি :

একটি মোটা কাচের আয়নার সামনে কোন বস্তু—ধর, একটা মোমবাতি রাখিয়া একটু তিস্যকভাবে প্রতিবিম্ব দেখিলে দেখা যাইবে যে অনেকগুলি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইয়াছে। আলোকের প্রতিসরণের জন্য এইরূপ হইয়া থাকে।



ধরা বাড়ক, মোমবাতির P বিন্দু হইতে PA আলোক-রশ্মি আয়নার উপর A বিন্দুতে আপতিত হইল (3চ নং চিত্র)।

আলোক-রশ্মির খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবে

মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3চ

এবং উহার জন্য একটি অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব Q_1 তৈয়ারী হইবে। আলোক-রশ্মির বেশী অংশ কাচের ভিতর প্রতিফলিত হইয়া আয়নার পিছনে পাবন প্রলেপে আপতিত হইবে এবং সেখান হইতে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া CD সরলরেখায় আসিয়া D বিন্দুতে আয়নার সম্মুখের তলে আপতিত হইবে। এই আলোক-রশ্মির আবার বেশী অংশ D বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া বায়ুতে প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে Q_2 প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। এই প্রতিবিম্ব খুব স্পষ্ট হইবে এবং সাধারণত আমরা ইহাকেই আয়নার ভিতর প্রতিফলিত দেখি। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং একই পদ্ধতি অনুসারে বার বার প্রতিফলিত ও প্রতিফলিত হইয়া Q_3 ও অন্যান্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্রমশ আলোক তীব্রতা কমিয়া আসায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হইয়া যায়। এইভাবে মোটা আয়নায় অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

* (5) বায়ুমণ্ডলে প্রতিসরণ :

সমুদ্রস্তর হইতে ষত উপরে ওঠা যায় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব তত্ত্ব কমিয়া যায়। স্তরত্যাগ সূর্য বা চন্দ্র হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি যখন আমাদের চোখে পৌছায় তখন বিভিন্ন স্তরের ভিতর দিয়া আসিবার ফলে রশ্মির প্রতিসরণ হয় এবং বস্তুটিকে আমরা উহার প্রকৃত অবস্থান হইতে খানিকটা উপরে দেখি। এই কাবণে সূর্য বা চন্দ্র উঠিবাব একটু আগে এবং অস্ত যাইবার একটু পবেও সূর্য বা চন্দ্র আমাদের দৃষ্টির গোচরে থাকে।

X 3-3. প্রতিসরণের সূত্র (Laws of refraction) :

এক মাধ্যম হইতে অণ্ড মাধ্যমে যাইবার সময়ে আলোক-রশ্মি য-প্রতিসরণ হয় তাহা নিম্নলিখিত সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে দুই মাধ্যমের বিভেদ-তলের উপর লম্বিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন (sine) ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সবদা ধ্রুবক হয় এবং এই ধ্রুবকের মান দুই মাধ্যম ও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, যদি আপতন কোণকে i বলা হয় এবং প্রতিসরণ কোণকে r বলা হয়, তবে উপবোক্ত সূত্রানুসারে $\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$ (উচ্চারণ 'মিউ') = ধ্রুবক।

এই ধ্রুবক ' μ 'কে বলা হয় প্রথম মাধ্যমের (অর্থাৎ, যে-মাধ্যম হইতে রশ্মি আগমন করে) সাপেক্ষ দ্বিতীয় মাধ্যমের (অর্থাৎ যে-মাধ্যমে রশ্মি প্রতিসৃত হয়) প্রতিসরাঙ্ক (refractive index)।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে যখন আলোকরশ্মি বায়ু মাধ্যম হইতে আসিয়া কাচ মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন উক্ত কোণ দুইটির সাইনের অনুপাত 1.51 অর্থাৎ বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.51.

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রকে স্নেল-সূত্র (Snell's law)-ও বলা হয়, কারণ এই সূত্রটি বিজ্ঞানী ডাঃ স্নেল আবিষ্কার করেন।

উপবোক্ত সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পারি যে, যখন $i=0$ তখন $r=0$; অর্থাৎ, কোন রশ্মি অভিলম্বভাবে কোন মাধ্যমে আপতিত হইলে, প্রতিসরণের ফলে, রশ্মিটি অভিলম্বভাবে ঐ মাধ্যমের ভিতর দিয়া অগ্রসর হইবে; উহার কোন দিক পরিবর্তন হইবে না।

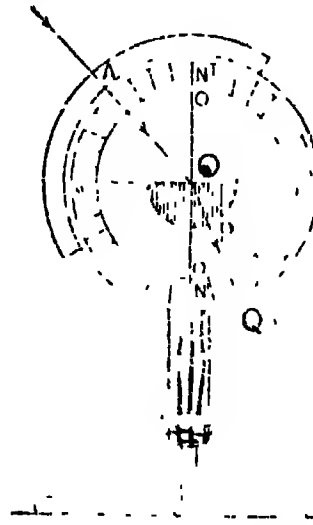
3-4. পরীক্ষামূলকভাবে প্রতিসরণ সূত্রসমূহের সত্যতা নিরূপণ (Experimental verification of the laws of refraction) :

প্রতিসরণের সূত্র দুইটির সত্যতা দুই উপায়ে নিরূপণ করা যাইতে পারে।
(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা ও (2) পিন দ্বারা।

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :

এই আলোকচক্রের বিবরণ দ্বিতীয় পবিচ্ছেদে দেওয়া হইয়াছে (2-5 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)। 3ছ নং চিত্রে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা দেখানো হইল।

এই চক্রের কেন্দ্রস্থলে O একটি অর্ধ-বৃত্তাকার কাচ ফলক (glass slab)। ইহা এমনভাবে আটকানো আছে যে ফলকের অনুভূমিক তল 90—90 বেখার সম্মিত গিঁশানো এবং 0—0 বেখা ফলকের কেন্দ্রেব ভিতর দিয়া গিয়াছে। সুতরাং 0—0 রেখা কাচ ফলকের অনুভূমিক তলের উপর অভিলম্ব। এখন যদি একটি আলোকরশ্মি AO পথে চক্রের তল বরাবর আসিয়া কাচের উপর O বিন্দুতে আপতিত



হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা
প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা
চিত্র 3ছ

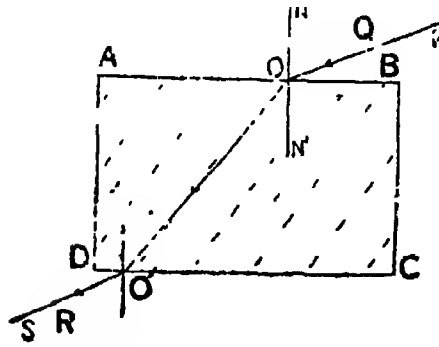
হয় তবে ঐ রশ্মি কাচের মধ্য দিয়া প্রতিফলিত হইবে। দ্ব, প্রতিফলিত রশ্মি OP পথে গেল এবং পুনর্বাধ যখন কাচ হইতে বহির্গত হইবে তখন আর প্রতিফলিত না হইয়া PQ পথে সোজা চলিয়া যাইবে। সুতরাং AO আপতিত রশ্মি, OPQ তাহার প্রতিফলিত রশ্মি। P বিন্দুতে আলোকের আর প্রতিসরণ না হইবার কারণ এই যে OP রেখা অর্ধবৃত্তের ব্যাস এবং OP বরাবর আগত রশ্মি P বিন্দুতে অভিলম্বভাবে আপতিত হয়। সুতরাং P বিন্দুতে রশ্মির আর কোন প্রতিসরণ হয় না। এইবার চক্রের স্কেল হইতে সহজে AON কোণ ও QON' কোণ নির্ণয় করা যাইবে।

এখন চাকৃতিকে ঘুরাইলে AO^{*} রশ্মির স্থান পরিবর্তন হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলিত রশ্মিরও স্থান পরিবর্তন হইবে। প্রত্যেকবার চাকৃতির স্কেল হইতে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় করা দেখা যাইবে যে

প্রত্যেকবার $\frac{\sin AON}{\sin QON'}$ -এর মান সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে। তাছাড়া, আপতিত রশ্মি AO, প্রতিসৃত রশ্মি OQ ও অভিলম্ব ON চক্রতলে অবস্থিত হওয়াতে প্রথম সূত্রেরও সত্যতা প্রমাণিত হয়।

পিন দ্বারা :

একটি কার্ডবোর্ডের উপর একখণ্ড সাদা কাগজ আঁটিয়া উহার মধ্যস্থলে



পন্থায়া প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা

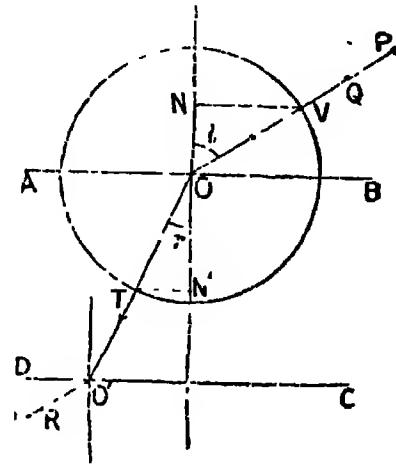
চিত্র 3৩

এমন অবস্থায় রাখ যাহাতে প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে। চোখ ঐভাবে রাখিয়া আরো দুইটি পিন R ও S ফলকের CD পাশে আটকাও যাহাতে R ও S এবং P ও Q-র প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় অবস্থান করে।

এইবার ফলকটি ও পিনগুলি সবাটীয়া লইয়া P ও Q চিহ্ন যোগ কর ও উহাদের ববিত করিয়া AB সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। তেমনি R ও S চিহ্ন যোগ করিয়া উহাদের ববিত কর ও DC সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। এইবার OO বিন্দুদ্বয় একটি সরলরেখা দ্বারা যোগ কর। এস্থলে PQO আপতিত রশ্মি ও OO' কাচের ভিতর প্রতিসৃত রশ্মি। O বিন্দুতে AB সরলরেখার উপর NN' লম্ব টান (3৪ নং চিত্র)। সুতরাং NON' আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব।

O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া সুবিধামত ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত আঁক যাহা PQO

একটি আয়তাকার কাচের ফলক রাখ। পেন্সিল দিয়া ফলকটির বহিঃরেখা ABCD আঁক (3৩ নং চিত্র)। এইবার ফলকের AB পাশে দুইটি পিন P ও Q লম্বভাবে পোত যাহাতে PQ সরলরেখা AB সরল রেখাকে তির্যকভাবে ছেদ করে। এইবার ফলকটির CD পাশে হইতে কাচের ভিতর দিয়া P ও Q-এর প্রতিবিম্ব দেখ। চোখ



চিত্র 3৪

সরলরেখাকে V বিন্দুতে ও OO' সরলরেখাকে T বিন্দুতে ছেদ করে। V এবং T হইতে NON' অভিলম্বের উপর VN ও TN' লম্ব টান।

$$\therefore \text{এখন } \sin i = \frac{NV}{OV} \text{ এবং } \sin r = \frac{TN'}{OT}$$

$$\therefore \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{NV}{OV} \div \frac{TN'}{OT} = \frac{NV}{TN'} \quad [\because OV = OT]$$

NV ও TN'-এর দৈর্ঘ্য মাপিয়া উহাদের অনুপাত বাহির করিলে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণদ্বয়ের সাইনের অনুপাত পাওয়া যাইবে। এইভাবে P ও Q পিনের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া কয়েকবার পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে এই অনুপাতগুলি সর্বদা সমান। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

উপরন্তু আপতিত রশ্মি PQO, প্রতিফলিত রশ্মি OO' ও অভিলম্ব NN' কাগজের তলে থাকায় প্রথম সূত্রের সত্যতাও ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয়।

3-5. আপেক্ষিক ও চরম প্রতিসরাঙ্ক (Relative and absolute refractive index) :

যখন কোন আলোকরশ্মি 'a' মাধ্যমে হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমে প্রতিফলিত হয় তখন আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমে প্রতিসরাঙ্ক বলা হয়। ইহাকে ${}_a\mu_b$ এইভাবে লেখা হয়। অর্থাৎ

$${}_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r} \quad [i = \text{আপতন কোণ ও } r = \text{প্রতিসরণ কোণ}]$$

এই প্রতিসরাঙ্কে আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বলে।

যেহেতু, আলোক গতিপথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible), কাজেই কোন রশ্মি যদি 'b' মাধ্যমে হইতে আসিয়া বিভাগতলে r কোণে আপতিত হয় তবে 'a' মাধ্যমে প্রতিফলিত হইবার সময় প্রতিসরণ কোণ i হইবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায়

$${}_b\mu_a = \frac{\sin r}{\sin i}$$

$$\text{সুতরাং } {}_a\mu_b \times {}_b\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r} \times \frac{\sin r}{\sin i} = 1$$

$$\text{অথবা, } {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a}$$

যেমন বায়ু মাধ্যমেয় সাপেক্ষ কাচের প্র প্রতিসরাঙ্ক μ , অতএব কাচ মাধ্যমেয় সাপেক্ষ বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক $\frac{1}{\mu}$.

যখন কোন আলোকরশ্মি শূন্য (vacuum) হইতে অগ্ন কোন মাধ্যমে প্রতিস্থিত হয়, তখনকার প্রতিসরাঙ্কে ঐ মাধ্যমেয় চরম প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাধারণভাবে কোন মাধ্যমেয় প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে হইবে যে আলোকরশ্মি বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিস্থিত হইয়াছে। যেমন, কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 বলিলে বুঝিতে হইবে যে বায়ু মাধ্যমে রশ্মি আসিয়া যে-আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে ও কাচের মধ্যে প্রতিস্থিত হইয়া যে-প্রতিসরণ কোণ উৎপন্ন করিবে উহাদের সাইনের অনুপাত 1.5.

কোন মাধ্যমেয় প্র তসবাক আলোকের বর্ণের (colour of light) উপর নির্ভর করে, একথা পূর্বেই বলা হইয়াছে। যেমন, লালবর্ণের আলোকের বেলাতে কোন মাধ্যমেয় প্রতিসরাঙ্ক যাহা হইবে, সবুজ, নীল বা বেগুনি বর্ণের আলোকের বেলাতে তাহা অপেক্ষা বেশী হইবে। আব, প্রতিসরাঙ্ক বেশী হইলে সেই মাধ্যমকে বলা হয় আলোক সাপেক্ষে ঘন মাধ্যম। মাধ্যমেয় এই ঘনত্বের সহিত উহার প্রাকৃতিক ঘনত্ব (physical density) বা আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন সম্পর্ক নাই। যেমন, প্রাকৃতিক ঘনত্ব হিসাবে তাম্রিন তেল জল অপেক্ষা লঘু (তাম্রিনের আঃ গুঃ = 0.87) কিন্তু আলোক সাপেক্ষে তাম্রিন তেল জল অপেক্ষা ঘন (তাম্রিনের প্রতিসরাঙ্ক = 1.47)। সুতরাং একথা মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব বেশী হইলে উহা আলোক সাপেক্ষে বেশী ঘন নাও হইতে পারে।

3-6. প্রতিসরাঙ্কের সহিত আলোকের গতিবেগের সম্পর্ক :

প্রতিসরাঙ্কের একটি গুরুত্বপূর্ণ তাৎপৰ্য আছে। কারণ আলোকের তরঙ্গবাদ (wave theory of light) হইতে প্রমাণ করা যায় যে কোন পদার্থের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে,

$$\mu = \frac{\text{শূন্যে আলোকের গতিবেগ}}{\text{ঐ পদার্থে আলোকের গতিবেগ}}$$

এখন যদি দুইটি মাধ্যম 'a' এবং 'b' লওয়া যায় এবং 'a' মাধ্যমেয় সাপেক্ষ 'b' মাধ্যমেয় প্রতিসরাঙ্ক $a\mu_b$ হয় তবে,

$$a\mu_b = \frac{\text{'a' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}}{\text{'b' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ}}$$

যদি 'b' মাধ্যম 'a' মাধ্যম অপেক্ষা ঘন হয় তবে ${}_a\mu_b > 1$ এবং সেক্ষেত্রে 'b' মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ 'a' মাধ্যম অপেক্ষা কম। অর্থাৎ, ঘনতর মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ লঘুতর মাধ্যম অপেক্ষা কম।

তাছাড়া, উপরোক্ত সম্পর্ক হইতে এক মাধ্যম হইতে অপর মাধ্যমে আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিলে কেন রশ্মির গতিপথের পবিবর্তন হয় তাহার কারণ আমরা বুঝিতে পারি।

(i) যদি উভয় মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ সমান হয় তবে ${}_a\mu_b = 1$ অর্থাৎ $\sin i = \sin r$ অথবা $i = r$; এক্ষেত্রে রশ্মির গতিপথের কোন পবিবর্তন হয় না। সুতরাং আলোক-রশ্মির কোন প্রতিসরণ হইবে না।

(ii) যদি 'b' মাধ্যমে গতিবেগ কম হয়, অর্থাৎ 'b' মাধ্যম ঘনতর হয় তবে ${}_a\mu_b > 1$ অর্থাৎ $\sin i > \sin r$ অথবা $i > r$, এক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা কম হওয়ায় আলোক-রশ্মি গতিপথ পবিবর্তন করিয়া অভিলম্ব দিকে ঘোঁষিয়া যাইবে।

(iii) যদি 'b' মাধ্যমে গতিবেগ বেশী হয়, অর্থাৎ 'b' মাধ্যম লঘুতর হয় তবে ${}_a\mu_b < 1$, অর্থাৎ $\sin i < \sin r$ অথবা $i < r$, এক্ষেত্রে প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেশী হওয়ায় আলোক-রশ্মি গতিপথ পবিবর্তন করিয়া অভিলম্ব হইতে দূবে সবিয়া যাইবে।

উপবোক্ত ফলাফল পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণিত হইয়াছে। সুতরাং একথা নিঃসন্দেহে বলা যাইতে পারে যে বিভিন্ন মাধ্যমে আলোকের গতিবেগ বিভিন্ন হওয়ায় এক মাধ্যম হইতে অপর মাধ্যমে আলোক-রশ্মি প্রবেশ করিলে রশ্মির প্রতিসরণ হয়।

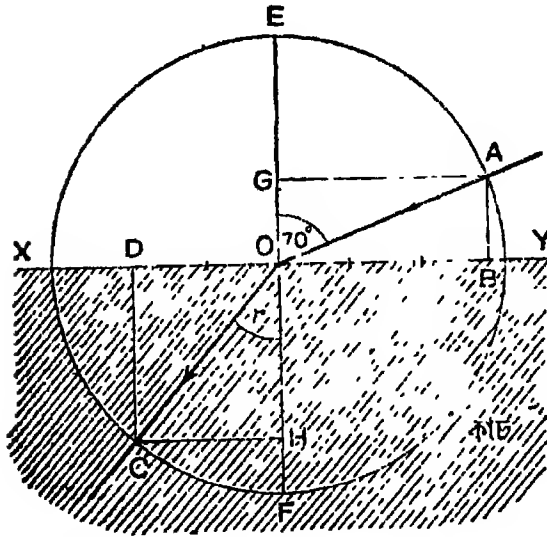
কয়েকটি পদার্থের প্রতিসরাঙ্কের তালিকা

কঠিন পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক	তরল পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক
ক্রাউন কাচ	1.5	জল	1.33
ফ্লিন্ট কাচ	1.62	গ্লিসারিন	1.47
হীরা	2.6	তাপিন তেল	1.47
বরফ	1.31	অ্যালকোহল	1.37

3-7. জ্যামিতিক পদ্ধতিতে প্রতিসৃত রশ্মির অঙ্কন (Geometrical construction of refracted ray) :

ধরা যাউক, একটি আলোকরশ্মি 70° আপতন কোণে একটি কাচের ব্লকের উপর আসিয়া পড়িয়াছে। উহার প্রতিসৃত রশ্মি জ্যামিতিক অঙ্কনের সাহায্যে নির্ণয় করিতে হইবে। বলা আছে যে কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ ।

ধর, XY কাচের ব্লকের উপরতল (3এং নং চিত্র)' ব্লকের মধ্যস্থলে O একটি বিন্দু লও এবং XY রেখার সহিত সমকোণ করিয়া EOF লম্ব টান।



জ্যামিতিক পদ্ধতিতে প্রতিসৃত বাণ্য অঙ্কন

চিত্র 3এং

OE রেখার সহিত 70° কোণ করিয়া AO রেখা টান। AO আপতিত রশ্মি বুঝাইবে। O হইতে XY বরাবর ডান দিকে তিনটি সমান অংশ লও যাহাব সর্বশেষ ভাগেব প্রাপ্ত বিন্দু হইল B এবং বাঁদিকে ঐকপ সমান দুইটি অংশ লও যাহাব প্রাপ্ত বিন্দু হইল D, B হইতে আপতিত রশ্মিব উপর BA রেখা টান যাহাতে ঐ রেখা XY রেখার লম্ব হয়। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এবং OA ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত অঙ্কন কর। D বিন্দু দিয়া XY রেখার উপর DC লম্ব টান যাহাতে

ঐ লম্ব পূর্বোক্ত বৃত্তকে C বিন্দুতে ছেদ করে। এখন OC সরলবেখা টানিলে উহাই হইবে প্রতিসৃত রশ্মি।

OC বেখা যে প্রকৃত প্রতিসৃত রশ্মি তাহা প্রমাণ করিতে হইলে A এবং C বিন্দু হইতে EOF সরলরেখার উপর যথাক্রমে AG এবং CH লম্ব টান।

আমরা যদি প্রমাণ করিতে পারি যে $\frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{3}{2}$ তাহা হইলেই OC প্রতিসৃত রশ্মি বুঝাইবে।

$$\text{এখন, } \sin 70^\circ = \frac{AG}{AO} \text{ এবং } \sin r = \frac{CH}{CO}$$

$$\therefore \frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{AG}{AO} \cdot \frac{CH}{CO} = \frac{AG}{CH} \quad [\text{কারণ } AO = CO]$$

$$\text{কিন্তু } AG = OB \text{ এবং } CH = OD$$

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{AG}{CH} = \frac{OB}{OD} = \frac{3}{2} \quad (\text{অঙ্কন অনুযায়ী})$$

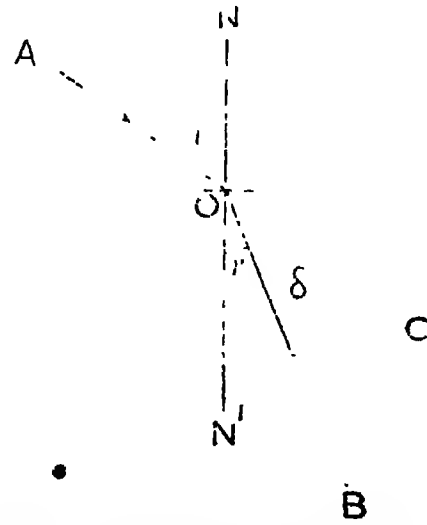
$$\therefore \text{সুতরাং } \frac{\sin 70^\circ}{\sin r} = \frac{3}{2}$$

বাতেই AO আপাত ন বর্ণের প্রতিসৃত বর্ণি হইবে OC.

3-8. প্রতিসরণের দরুন আলোকরশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to refraction):

এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময় আলোক-রশ্মির পথে চ্যুতি (deviation) হয়। আপতিত রশ্মির অভিমুখ ও প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখের ভিতর যে-কোণ উৎপন্ন হয় তাহাই রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ।

মনে কর, AO একটি আপতিত রশ্মি এবং OB উহার প্রতিসৃত রশ্মি। $\angle AON = i =$ আপতন কোণ ও $\angle N'OB = r =$ প্রতিসরণ কোণ। AOকে বর্ধিত করিয়া AOC বেধা টান। আপতিত রশ্মির অভিমুখ AOC; কিন্তু প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখ OB, সুতরাং প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতি $(\delta) = \angle BOC$ [3ট নং চিত্র]।



প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ
চিত্র 3ট

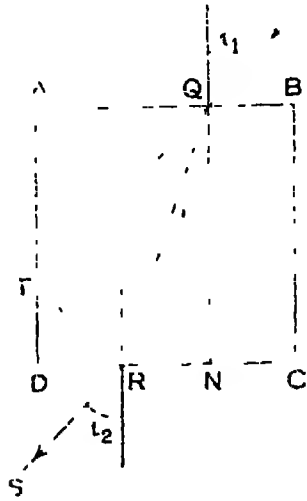
$$\text{এখন, } \delta = \angle BOC = \angle NOC - \angle N'OB$$

$$= \angle NOA - \angle N'OB. \quad [\because \angle NOA = \angle N'OC]$$

• যদি রশ্মি লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিফলিত হয় তবে $i > r$, সেক্ষেত্রে $\delta = i - r$; কিন্তু যদি রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিফলিত হয়, তবে $r > i$ এবং সেক্ষেত্রে $\delta = r - i$.

3-9 সমান্তরাল ফলকের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মির প্রতিসরণ
(Refraction of a ray of light through a parallel block) :

সমান্তরাল তলবিশিষ্ট ফলককে সমান্তরাল ফলক বলা হয়। মনে কর A B C D একটি কাচের সমান্তরাল ফলক এবং PQ একটি রশ্মি $\angle i_1$ আপতন কোণে AB তলে আপতিত হইয়াছে। রশ্মিটি কাচের ভিতর পবেশ করিবার



চিত্র 3৪

সময় প্রতিফলিত হইবে এবং মনে কর, $\angle r_1$ প্রতিসরণ কোণে QR বরাবর গিয়া ফলকের অপর তল CD-তে আপতিত হইল। রশ্মিটি এবার কাচ হইতে বায়ুতে নির্গত হইবার সময় পুনরায় প্রতিফলিত হইবে। ধর, বশিষ্টের নির্গমন কোণ = $\angle i_2$, এক্ষেত্রে প্রমাণ করা যায় যে আপতিত রশ্মি PQ এবং নির্গম রশ্মি RS পরস্পরের সমান্তরাল। তাছাড়া, আর একটি লক্ষ্য করিবার বিষয় এই যে PQ এবং RS পরস্পরের সমান্তরাল হটে কিং একটি সরল রেখায় অবস্থিত নয়,

অর্থাৎ ফলকের ভিতর দিয়া প্রতিসরণের ফলে বশিষ্ট কিছু পার্শ্ব-সরণ (lateral displacement) ঘটে [3৪ নং চিত্র]।

এখন, বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক ${}_a\mu_g$ ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি,

$${}_a\mu_g = \frac{\sin i_1}{\sin r_1}$$

আবার, কাচ সাপেক্ষ বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক ${}_g\mu_a$ হইলে, R বিন্দুতে প্রতিসরণ

অনুযায়ী ${}_g\mu_a = \frac{\sin r_2}{\sin i_2}$

কিন্তু আমরা জানি, ${}_a\mu_g = \frac{1}{{}_g\mu_a}$

সুতরাং $\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{1}{\frac{\sin r_2}{\sin i_2}} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2}$

• এখন, চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে $\angle r_1 = \angle r_2$; কাজেই $\sin r_1 = \sin r_2$ এবং $\sin i_1 = \sin i_2$

অতএব, $i_1 = i_2$

অর্থাৎ আপতিত বর্ণি PQ এবং নির্গম বর্ণি RS পরস্পরের সমান্তরাল।

পার্শ্বসরণ : PQ এবং RS এই দুই সমান্তরাল বর্ণির ভিতর দূরত্ব হইল পার্শ্বসরণের পরিমাপ। PQ বর্ণিত কবিত্তা R হইতে RT লম্ব টান। এক্ষেত্রে RT পার্শ্বসরণের মান নির্দেশ করিতেছে।

$$\text{এখন, } \sin RQT = \frac{RT}{QR}$$

$$\therefore RT = QR \cdot \sin RQT$$

$$= QR \sin (i_1 - r_1)$$

$$\text{আবার, } \cos r_1 = \frac{QN}{QR} \therefore QR = \frac{QN}{\cos r_1} = \frac{AD}{\cos r_1} = \frac{t}{\cos r_1}$$

$$[t = \text{ফলকের বেধ} = AD]$$

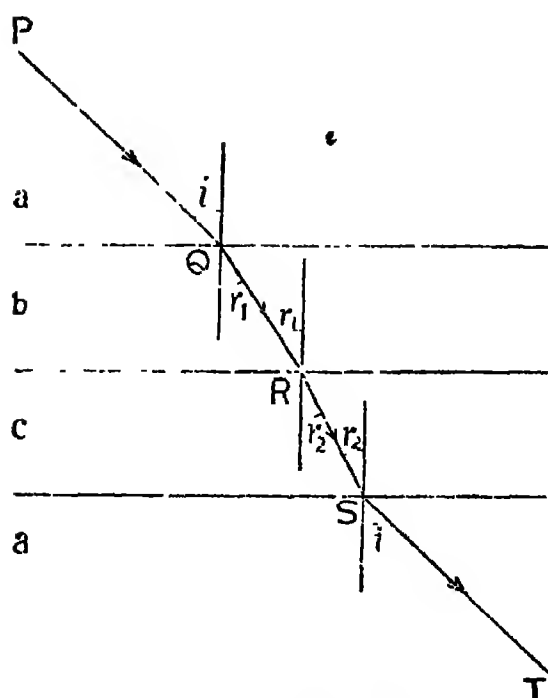
$$\text{অতরাং } RT = t \cdot \frac{\sin(i_1 - r_1)}{\cos r_1}$$

অতরাং ফলকের বেধ (t), আপতন কোণ ($\angle i_1$) এবং ফলকের প্রতিসরাঙ্ক (μ) জানা থাকিলে (i_1 এবং μ জানা থাকিলে r_1 নির্ণয় করা যায়) বর্ণির পার্শ্বসরণ নির্ণয় করা যায়। অপর পক্ষে একথাও বলা যায় যে পার্শ্বসরণ ফলকের বেধ, আপতন কোণ এবং ফলকের প্রতিসরাঙ্কের উপর নির্ভর করে।

3-10. ক্রমবর্ধমান ঘনত্বের পর পর বর্ণিত কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যমের মধ্য দিয়া আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a number of parallel media of increasing density) :

ধর, a , b , c , প্রভৃতি কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যম ক্রমবর্ধমান ঘনত্ব অনুসারে সজ্জিত—অর্থাৎ a অপেক্ষা b বেশী ঘন এবং b অপেক্ষা c আরো

ঘন, ইত্যাদি। কিন্তু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক। এই ধবনের পাতে আলোকরশ্মি



সমান্তরাল পটে প্রতিফলন

চিত্র ৩৬

পার্থী, $\frac{\sin i}{\sin r_1} = a\mu_b$

তেমনি R ও S বিন্দুতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে $\frac{\sin r_1}{\sin r_2} = b\mu_c$ এবং $\frac{\sin r_2}{\sin i} = c\mu_a$ ।
ইহাদ্বয় গুণ করিলে পাঠি,

$$a\mu_b \times b\mu_c \times c\mu_a = \frac{\sin i}{\sin r_1} \times \frac{\sin r_1}{\sin r_2} \times \frac{\sin r_2}{\sin i} = 1$$

উপবোক্ত ফল অর্থাৎ a, b, c তিনটি মাধ্যম নয়—যে-কোন দু'খণ্ডের
সমান্তরাল মাধ্যম যানিলেই হইবে—কিন্তু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক হইতে হইবে।

যদি 'a' মাধ্যমকে বায়ু ধরা হয় তবে পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা
লিখিতে পারি,

$$\begin{aligned} \sin \mu_b \times b\mu_c \times c\mu_{air} &= 1 \\ \mu_a &= \frac{1}{\sin \mu_b \times c\mu_{air}} = \frac{air \mu_c}{air \mu_b} \end{aligned}$$

'c' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক
'b'

আসিয়া পড়িলে এক মাধ্যম
হইতে অন্য মাধ্যমে ক্রমাগত
প্রতিফলিত হইয়া অবশেষে রশ্মি
প্রথম মাধ্যমে নির্গত হইবে।
পরীক্ষাব ফলে দেখা গিয়াছে
এইরূপ প্রতিসরণের ফলে
আপতিত রশ্মি ও নির্গত
(emergent) রশ্মি পরস্পর
সমান্তরাল হয়। যদি PQ
আপতিত রশ্মি ও ST নির্গত
রশ্মি হয় তবে উভয় পরস্পর
সমান্তরাল হইবে (চিত্র
নং ৩৬)।

এখন, Q বিন্দুতে প্রতি-
সরণের ফলে আমরা লিখিতে

উদাহরণ :

(1) বায়ুর তুলনায় জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ এবং বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ হইলে জলের তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত হইবে ?

[If the refractive index of water with respect to air be $\frac{4}{3}$ and that of glass with respect to air be $\frac{3}{2}$, what is the refractive index of glass with respect to water ?]

উ। আমরা জানি, ${}_{\text{air}}\mu_g = \frac{{}_{\text{air}}\mu_g}{{}_{\text{air}}\mu_w} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$

(2) কাচের তুলনায় গ্লিসেরিনের প্রতিসরাঙ্ক 0.98 এবং বায়ুর তুলনায় গ্লিসেরিনের প্রতিসরাঙ্ক 1.47, বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক এবং কাচের তুলনায় বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[Refractive index of glycerine with respect to glass is 0.98 and that of glycerine with respect to air is 1.47. Determine the refractive index of glass with respect to air and of air with respect to glass]

উ। আমরা জানি, $\text{glass } \mu_{\text{gly}} = \frac{{}_{\text{air}}\mu_{\text{gly}}}{{}_{\text{air}}\mu_{\text{glass}}}$

$$\therefore 0.98 = \frac{1.47}{{}_{\text{air}}\mu_{\text{glass}}}$$

$$\text{অর্থাৎ, } {}_{\text{air}}\mu_{\text{glass}} = \frac{1.47}{0.98} = 1.5$$

$$\text{আবার, } \text{glass } \mu_{\text{air}} = \frac{1}{{}_{\text{air}}\mu_{\text{glass}}} = \frac{1}{1.5} = 0.65$$

3-11. সমতলে আলোকের প্রতিসরণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন

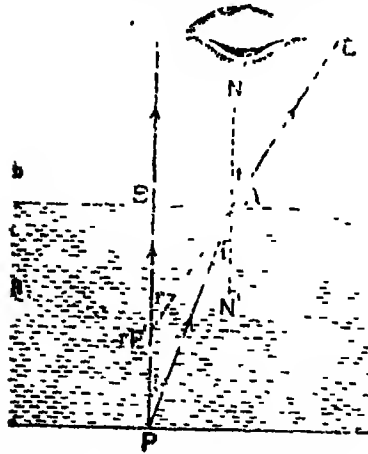
(Formation of image by refraction at a plane surface :)

বস্তু হইতে নিগত আলোক রশ্মি সমতলে প্রতিসৃত হইবার পর মথন বারিদের চোখে পৌছায়, তখন মনে হয় ঐ রশ্মি যত বস্তুগুণি অত কোমল বস্তু হইতে আসিতেছে। ঐ বিন্দুকে বস্তু-বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলা হইবে। বস্তু ঘন মাধ্যমে থাকিলে এবং চোখ লঘু মাধ্যমে থাকিলে মনে হইবে বস্তু খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে এবং বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে থাকিলে মনে

হইবে বস্তুটি খানিকটা দূরে সরিয়া গিয়াছে। নিম্নে এই দুই পদ্ধতির আলোচনা করা হইল। এস্থলে একটি কথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে দর্শক উপর হইতে সোজা হুজি নীচের দিকে তাকাইবে অর্থাৎ বস্তু হইতে নির্গত রশ্মিগুলি খুব তির্যকভাবে বিভাগ-তলে আপতিত হইলে সেগুলি বিবেচনা করা হইবে না— কারণ প্রতিসরণের পক্ষ রশ্মিগুলি দূরে ঝাঁকিয়া যাইবে এবং চোখে পৌছাইবে না।

(ক) বস্তু ঘন মাধ্যমে ও চোখ লঘু মাধ্যমে :

'a' মাধ্যমে অবস্থিত P একটি বস্তু। P হইতে একটি রশ্মি PB অভিলম্ব-ভাবে প্রতিসরণতল AB-র উপরে আপতিত হইল (3৩ নং চিত্র)। সুতরাং



প্রতিসরণের জন্য প্রতিদগ্ধ বিদ্যুৎ
উপরে উঠিয়া যাইবে

চিত্র 3৩

এই রশ্মি 'b' মাধ্যমে সোজা হুজি BC পথে চলিয়া যাইবে। আর একটি রশ্মি PA একটু তির্যকভাবে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া AD পথে প্রতিফলিত হইল। প্রতিফলিত রশ্মিটি অভিলম্ব AN হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এই দুইটি প্রতিফলিত রশ্মি—BC ও AD—পশ্চাতে বর্ণিত করিলে P' বিন্দুতে ছেদ করে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয় চোখে পৌছাইলে মনে হইবে P বিন্দু P' বিন্দুতে অবস্থিত। অর্থাৎ P' বিন্দু

হইল P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতলের দিকে উঠিয়া আসিয়াছে।

এখন 'b' মাধ্যমের ন্যাপেক্ষ 'a' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ ধরিলে, প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$$

কিন্তু $\angle PAN' = \angle APB$ এবং $\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$

$$\text{সুতরাং, } \frac{1}{\mu} = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB}{AP} = \frac{AP'}{AP}$$

যেহেতু, A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী (PA রশ্মি খুব বেশী তির্যক নহে) কাজেই, $AP' = BP'$ এবং $AP = BP$.

অর্থাৎ, $\frac{1}{\mu} = \frac{BP'}{BP}$

অথবা, $\mu = \frac{BP}{BP'} = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত গভীরতা}}{\text{আপাত "}}$

(খ) বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে:

চ' লঘু মাধ্যমে P একটি বস্তু। P হইতে দুইটি রশ্মি—PB ও PA—প্রতিসরণতল AB কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ঘন মাধ্যম 'a'-তে প্রবেশ করে এবং যখন চোখে পৌঁছায় তখন মনে হয় বস্তু P' বিন্দু হইতে নির্গত হইতেছে। অর্থাৎ, P' বিন্দু P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতল হইতে দূরে সরিয়া গিয়াছে (3নং চিত্র)।

এখানে $\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \angle PAN'}{\sin \angle DAN}$

কিন্তু $\angle PAN' = \angle APB$ এবং

$\angle DAN = \angle P'AN' = \angle AP'B$.

সুতরাং $\mu = \frac{\sin \angle APB}{\sin \angle AP'B} = \frac{AB}{AB} = \frac{AP'}{AP}$

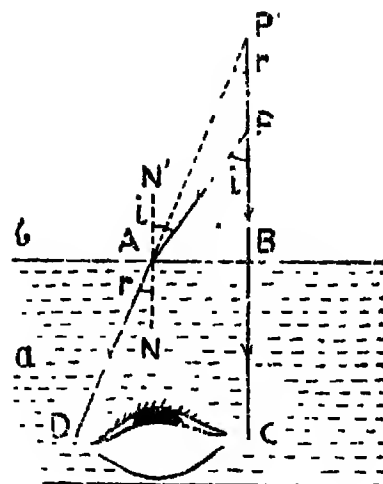
কিন্তু A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী হওয়ায় $AP' = BP'$ এবং $AP = BP$, কাজেই,

$\mu = \frac{BP'}{BP} = \frac{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}{\text{প্রকৃত "}}$

উদাহরণ:

(1) একটি কাচ-ফলকের উচ্চতা 10 cm, ফলকের তলায় একটি বিন্দু আছে। ফলকের ভিতর দিয়া দেখিলে বিন্দুটির আপাত সরণ কত হইবে? কাচের $\mu = 1.5$

[The height of a glass slab is 10 cm. There is a dot on the bottom of the block. What will be the apparent displacement of the dot when viewed through the block? μ of glass = 1.5.]



প্রতিসরণোজ্ঞাত প্রতিবিম্ব দিচ্চ
উপরে উদ্ভিবা যাচ্চ, ব
চিত্র 3নং

উ। এক্ষেত্রে আমরা জানি, $\mu = \frac{\text{বস্তুর প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

$$\text{অথবা, } 1.5 = \frac{10}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$$

$$\text{সুতরাং, বস্তুর আপাত উচ্চতা} = \frac{10}{1.5} = 6.6 \text{ cm.}$$

$$\therefore \text{বস্তুটির সর্বণ} = 10 - 6.6 = 3.4 \text{ cm.}$$

(2) একটি জলপূর্ণ পাত্রেব গভীরতা 12 ft, সোজাসুজি তাকাইলে পাত্রেব গভীরতা কত মনে হইবে? জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \frac{4}{3}$.

[A vessel full of water is 12 ft deep. If the refractive index of water with respect to air be $\frac{4}{3}$, find the apparent depth of the vessel]

উ। এক্ষেত্রে, আমরা জানি, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

$$\text{অথবা, } \frac{4}{3} = \frac{12}{\text{আপাত উচ্চতা}}$$

$$\text{সুতরাং, পাত্রেব আপাত গভীরতা} = 12 \times \frac{3}{4} = 9 \text{ ft.}$$

(2) একটি স্বচ্ছ কাচের ঘনকের প্রত্যেক তলের দৈর্ঘ্য 15 cm উহার ভিতরে একটি ছোট বায়ু বুদবুদ আছে। কোন একটি তল হইতে তাকাবিলে মনে হয় উহা যেন ঐ তল হইতে 6 cm. গভীরে আছে। দিক বিপরীত তল হইতে লক্ষ্য করিলে উহার আপাত অবস্থান 4 cm. গভীরে মনে হয়। প্রথম তল হইতে বুদবুদটির প্রকৃত দূরত্ব এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A transparent cube of glass 15 cm. edge, contains a small air bubble. Its apparent depth when viewed through one face of the cube is 6 cm, and when viewed through the opposite face is 4 cm. What is the actual distance of the bubble from the first face and what is the refractive index of glass ?]

উ। মনে কর প্রথম তল হইতে ব্দবুদের প্রকৃত দূরত্ব = x cms.

সুতরাং বিপরীত তল হইতে উহার প্রকৃত দূরত্ব = $15 - x$ „

এক্ষেত্রে, আমরা জানি যে, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত দূরত্ব}}{\text{আপাত দূরত্ব}}$

কাজেই, প্রথম তলের বেলাতে, $\mu = \frac{x}{6}$

এবং দ্বিতীয় তলের বেলাতে, $\mu = \frac{15 - x}{4}$

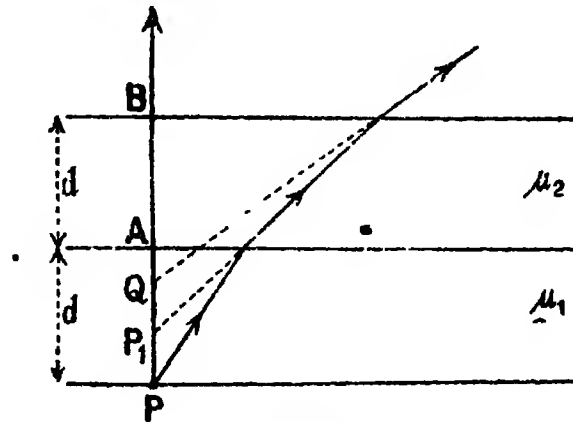
$$\therefore \frac{x}{6} = \frac{15 - x}{4} \quad \text{বা,} \quad \frac{x}{3} = \frac{15 - x}{2} \quad \text{বা,} \quad 2x = 45 - 3x$$

$$\therefore x = 9 \text{ cm.} \quad \text{এবং} \quad \mu = \frac{9}{6} = 1.5$$

(4) একটি পাত্রেব গভীরতা $2d$; উহার অর্ধেক μ_1 প্রতিসরাঙ্কযুক্ত তরল দ্বারা ভর্তি এবং অপার্ধ μ_2 প্রতিসরাঙ্কের তরল দ্বারা পূর্ণ। যদি পাত্রেব তলদেশে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করা যায় তবে প্রমাণ কর যে পাত্রেব আপাত গভীরতা = $d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$

[A vessel has depth $2d$ and it is half-filled by a liquid of refractive index μ_1 and other half by another liquid of refractive index μ_2 . Prove that when viewed perpendicularly, the apparent depth of the vessel is $= d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right)$]

উ। মনে কর, প্রথম তরল হইতে দ্বিতীয় তরলে প্রতিসরণের পব রশ্মি P_1 , বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে [3ত নং চিত্র]।



চিত্র 3ত

অতএব, $\frac{AP}{AP_1} = \mu_1$

$$AP_1 = \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot AP = \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot d$$

এখন দ্বিতীয় তরঙ্গ হইতে বায়ুতে প্রতিফলিত হইবার পর মনে কর রশ্মি Q বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। এক্ষেত্রে,

$$\frac{BP_1}{BQ} = \mu_2$$

$$\begin{aligned} \therefore BQ &= \frac{BP_1}{\mu_2} = \frac{BA + AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{AP_1}{\mu_2} = \frac{d}{\mu_2} + \frac{d}{\mu_1} \\ &= d \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) \end{aligned}$$

*3-12. প্রতিসরণ সম্পর্কিত কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা :

(ক) অন্ধকার রাত্রে আকাশের দিকে দৃষ্টিপাত করিলে দেখিবে যে কতকগুলি জ্যোতিষ্ক মিট্‌মিট্‌ কবিয়া আলো দিতেছে এবং কতকগুলি জ্যোতিষ্ক স্থিরভাবে আলো দিতেছে। প্রথমোক্ত জ্যোতিষ্কগুলিকে বলা হয় নক্ষত্র এবং উহার পৃথিবী হইতে বহুদূরে অবস্থিত এবং শেষোক্ত জ্যোতিষ্কগুলি হইল গ্রহ। উহারা পৃথিবী হইতে অপেক্ষাকৃত কম দূরে অবস্থিত। নক্ষত্রের ঐকম্য নিকিমিকি হইবার কারণ কি ?

তোমরা জলন্ত উনানের উপরকার উত্তপ্ত বায়ুর মধ্যে দিয়া কোন জিনিস দেখিবার চেষ্টা করিয়াছ ? দেখিবে যে ঐরূপভাবে দূরের কোন বস্তু প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে বস্তুটি কাপিতেছে। ইহার কারণ এই যে বায়ু উত্তপ্ত হওয়ায় উহার ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক অনবরত পরিবর্তন কবে। ঐরূপ বায়ুর ভিতর দিয়া বস্তু দেখিলে বস্তুকে কম্পমান মনে হয়। তাবার ঝিকিমিকির কারণও ঐরূপ। বায়ুমণ্ডলের উষ্ণতা কখনও সকল স্তরে সমান থাকে না। উহা অনবরত পরিবর্তন কবে। ফলে বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের প্রতিসরাঙ্কও পরিবর্তিত হয়। বহু দূরবর্তী নক্ষত্র হইতে আলো, ঐ বায়ুমণ্ডলের ভিতর দিয়া আসিবার কালে প্রতিসরাঙ্কের পরিবর্তনের জন্য প্রায়ই আঁকা-বাঁকা পথে অগ্রসর হয়। ঐ আলো দর্শকের চোখে পৌছাইয়া, দর্শক একবার হয়ত বেশী আলো দেখিলে, আবার পরক্ষণেই কিছু কম আলো দেখিবে। এইজন্য দর্শক তারাকে ‘ঝিকিমিক্’ (twinkling) অবস্থায় দেখে। গ্রহগুলি পৃথিবীর নিকটবর্তী বলিয়া আলোক-রশ্মির পথ-পরিবর্তনের দরুন উজ্জ্বলতার হ্রাস-বৃদ্ধি বিশেষ বোঝা যায় না। তাই, উহারা স্থিরভাবে আলো দিতেছে বলিয়া মনে হয়।

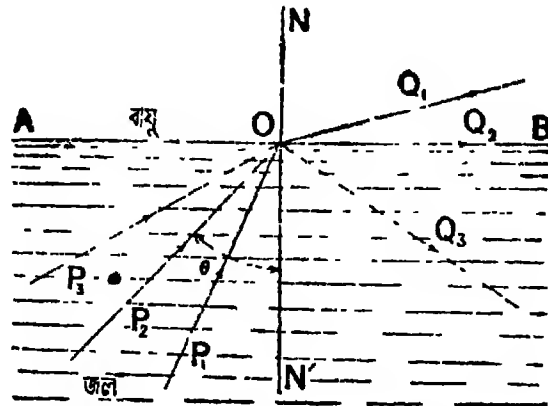
(খ) একটি কাচের পাত্রে খানিকটা গ্লিসারিন লইয়া উহার ভিতর একটি কাচের দণ্ড রাখ। এখন গ্লিসারিনের ভিতর দিয়া কাচের দণ্ডটি দেখিবার চেষ্টা করিলে কাচের দণ্ডটি দেখা যাইবে না। কাচের এবং গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক সমান। তাই উহারা একই মাধ্যমের মত ব্যবহার করে। ফলে, কাচ হইতে আলোকরশ্মির কোন প্রতিফলন বা প্রতিসরণ হয় না। উপরন্তু কাচ ও গ্লিসারিন স্বচ্ছ বলিয়া গ্লিসারিনেব ভিতর দিয়া কাচ দেখা যায় না।

(গ) কাচ সাধারণত স্বচ্ছ পদার্থ কাবণ কাচেব ভিতর দিয়া আলো সহজে চলাচল কবে। কিন্তু কাচকে গুঁড়া কবিলে, কাচগুঁড়া অস্বচ্ছ হয়। কাবণ আলোকরশ্মি গুঁড়ার ভিতর দিয়া যাইতে পারে না—অসংখ্য গুঁড়া কণিক প্রতিফলিত হইয়া ফিবিয়া আসে। আবার, কাচগুঁড়াতে জল ঢালিলে উহা পুনরায় স্বচ্ছ হয়। এস্থলে, জলের ভিতর দিয়া আলোব প্রতিসরণেব সুবিধা হয় বলিয়া গুঁড়াকে স্বচ্ছ দেখায়।

* 3-13. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন (Total internal reflection) :

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে আলোক-রশ্মি যখন ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেশী হয়।

ধরা যাউক, AB বেখা জল ও বায়ু মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতলেব (3খ নং চিত্র) ছেদ। এখানে জল ঘন ও বায়ু লঘু মাধ্যম। জলের মধ্যে P_1 বিন্দু হইতে কোন রশ্মি P_1O পথে গিয়া বায়ুতে OQ_1 পথে প্রতিসৃত হইল। প্রতিসরণ কোণ Q_1ON আপতন কোণ P_1ON' অপেক্ষা বড়। আপতন কোণ যত বৃদ্ধি করা হইবে প্রতিসরণ কোণও তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, অর্থাৎ প্রতিসৃত রশ্মি OQ_2 মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতল-AB ঘেঁষিয়া যায়। কারণ, ইহা অপেক্ষা



আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন

চিত্র 3খ

প্রতিসরণ কোণের মান বেশী হইতে পাবে না। ধরা যাউক, আপতন কোণ যখন $\angle P_2ON'$ হইল তখন OQ_2 প্রতিসৃত রশ্মি AB তল ঘেঁষিয়া গেল

পদার্থ বিজ্ঞান

এইবার যদি আপতন কোণ আর একটু বাড়ানো যায়, তবে দেখা যাইবে যে রশ্মি আর বায়ুমাধ্যমে প্রতিফলিত হইতেছে না; সম্পূর্ণ রশ্মি 'সাধারণ প্রতিফলনের' নিয়মানুযায়ী AB তল দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া জলে প্রবেশ করিতেছে। 3খ নং চিত্রে P_3ON' এরূপ বর্ধিত আপতন কোণ দেখানো হইয়াছে এবং তাহার ফলে OQ_3 রশ্মি জলে প্রতিফলিত হইয়া আসিয়াছে। এই অবস্থায় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল আয়নার মত ব্যবহার করে। ইহাকেই **আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন** বলে।

তাছাড়া, যে-আপতন কোণের ($\angle P_2ON'$) ফলে প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, তাহাকে উক্ত মাধ্যমদ্বয়ের **সংকট কোণ** (critical angle) বলা হয়।

সুতরাং, আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইতে গেলে নিম্নলিখিত দুইটি শর্তের অবশ্য প্রয়োজন:

- (1) বস্তুকে ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতে হইবে।
- (2) আপতন কোণ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হইতে হইবে।

3-14. সংকট কোণ ও ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সম্বন্ধ :

ধরা যাউক $\angle PON' = \theta$ জগ ও বায়ুমাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ (3খ নং চিত্র)। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি OQ_2 জলের উপরতল AB ঘেষিয়া যাইবে অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ $\angle NOQ_2 = 90^\circ$

প্রতিসরণের বিতীষ অনুযায়ী আমরা জানি,

$$\frac{\sin \theta}{\sin 90^\circ} = \mu$$

[μ = বায়ু সাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক]

$$\therefore \sin \theta = \frac{1}{\mu}$$

সুতরাং ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক জানা থাকিলে সংকট কোণ নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ :

- (1) বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.52 হইলে উহাদের সংকট-কোণ নির্ণয় কর।

[If the refractive index of glass with respect to air be 1.52 find the critical angle between them.]

উ। ধরা যাউক, সংকট কোণ $= \theta$ সুতরাং, $\sin \theta = 1/\mu$

এখানে $\mu = 1.52$; অতএব $\sin \theta = \frac{1}{1.52} = 0.6579 = \sin 41^\circ$ (nearly)

$\therefore \theta = 41^\circ$ (nearly)

(2) একটি বর্ণি কাচ হইতে জলে এমনভাবে প্রতিফলিত হইল যে প্রতিফলিত বর্ণি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল ঘেষিয়া গেল। বায়ুর তুলনায় কাচ ও জলের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1.5 এবং 1.33 হইলে বর্ণিটির আপতন কোণ নির্ণয় কর।

[A ray of light passes from glass to water at a certain angle of incidence such that the refracted ray just grazes the surface of separation of the two media. If the refractive indices of glass and water with respect to air be 1.5 and 1.33 respectively, find the angle of incidence.]

উ। আমরা জানি, $\omega''_g = \frac{n_{\text{air}} \mu_g}{n_{\text{air}} \mu_w} = \frac{1.5}{1.33} = 1.12$

যেহেতু প্রতিফলিত বর্ণি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল ঘেষিয়া গাইতেছে সেহেতু আপতন কোণ θ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ হইবে। অতএবে জল লব্ধ মাধ্যম শু কাচ ঘন মাধ্যম। আমরা জানি আছে,

$$\sin \theta = \frac{1}{\omega''_g} = \frac{1}{1.12} = 0.89 \quad \therefore \theta = (62^\circ 51' \text{ বা } 21^\circ)$$

3-15. প্রতিসরণের সূত্র হইতে অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের প্রমাণ (Proof of total internal reflection from the laws of refraction):

পূর্ব অন্তর্চ্ছেদে বলা হইয়াছে যে, ' θ ' সংকট কোণ হইলে এবং ঘনতব মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক ' μ ' হইলে, $\sin \theta = \frac{1}{\mu}$

এখন, ঘনতব মাধ্যমে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রমাণ করা যায় যে প্রতিসরণ কোণের কোন বাস্তব মানের (real value) পক্ষে প্রতিসরণ সূত্র গানিয়া চলা সম্ভব নয়—অর্থাৎ ঐ অবস্থায় আলোক-বর্ণির প্রতিসরণ সম্ভব নহে।

ধরা যাউক, সংকট কোণ θ অপেক্ষা বৃহত্তর কোন আপতন কোণের (i) বেনাতে প্রতিসরণ হইল এবং প্রতিসরণ কোণ $= \angle r$. এক্ষেত্রে প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \mu$$

$$\text{অথবা, } \sin r = \sin i \times \mu. \quad \dots\dots(i)$$

যেহেতু, $i > \theta$, সেহেতু, $\sin i > \sin \theta$

$$< \frac{1}{\mu} \left[\text{কারণ } \sin \theta = \frac{1}{\mu} \right]$$

কাজেই (i) নং সমীকরণ হইতে আমরা জানিতে পারি যে

$$\sin r > 1$$

কিন্তু 'r' কোণের কোন বাস্তব মানের পক্ষে $\sin r$ -এর মান 1-এর বেশী হওয়া কখনও সম্ভব নয়।

অতএব, উপনোক্ত ঘটনায় (অর্থাৎ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী আপতন কোণে) আলোক-বশিষ্ঠাংশ সমগ্র হওয়া সম্ভব নয় . আলোক-বশিষ্ঠাংশ প্রতিফলিত হইয়া ঘনতর মাধ্যমে ফিরিয়া আসিবে।

X3-16. পূর্ণ প্রতিফলনের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

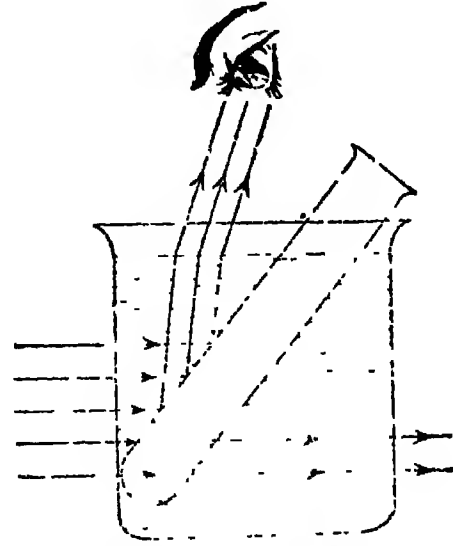
(1) একটি লোহাব বলের গায়ে ভূমাকালি মাখাইয়া জলে ডুবাই। দেখিবে যে কালি মাখানো স্বেচ্ছ বলের গা চক্চকে দেখাইতেছে। পূর্ণ আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জগৎ এরূপ হয়।

ভূমাকালি মাখাইবার ফলে বলটিকে জলে রাখিলেও উহা যোগ্যে একটি পাতলা বায়ুস্তর লাগিয়া থাকে। আলোকবশিষ্ঠাংশ জলের ভিতর দিয়া গিয়া এই বায়ুস্তরে পড়ে অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাউবার চেষ্টা করে। চোখ যদি এমনভাবে রাখা যায় যে আপতন কোণ জল ও বায়ুর সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হয় তবে আলোকবশিষ্ঠাংশ পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইবে। সুতরাং বলের এই অংশ আশ্রয়িত মত চক্চকে দেখাইবে।

একই কারণে জলের ভিতর হইতে বৃদ্বুদ উঠিবার সময় চক্চকে দেখায় বা কাচের কাগজ-চাপার (paper-weight) ভিতর বৃদ্বুদগুলি চক্চকে দেখায়। হীরা, চুনী, পাম্মা প্রভৃতি মূল্যবান পাথরের উজ্জলতাও পূর্ণ প্রতিফলনের দরুন হইয়া থাকে।

(2) একটি পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার ভিতরে একটি কাচের টেস্ট টিউব আংশিক ডুবাইয়া রাখ। টেস্ট টিউবে খানিকটা জল লও। উপর হইতে টেস্ট টিউবে নিমজ্জিত খালি অংশে দৃষ্টিপাত করিলে চক্চকে দেখাইবে। এরূপ হইবার কারণ কি?

আলোক-রশ্মি জল হইতে গিয়া টেস্ট টিউবের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে প্রবেশ করিতে চায় এবং আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলেই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছায় (উদ নং চিত্র)। এই কাৰণে টেস্ট টিউবে গাত্র চক্চকে দেখায়।



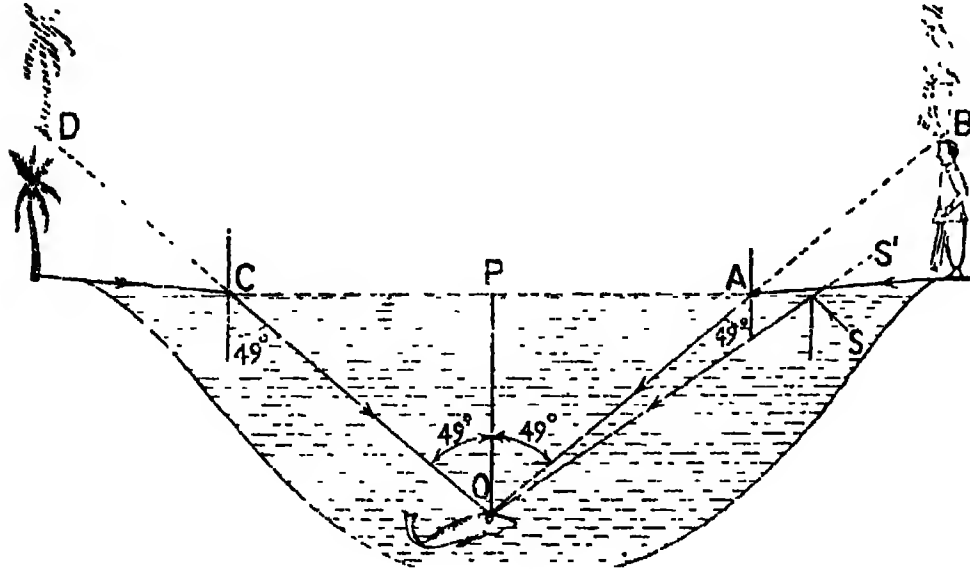
পূর্ণ প্রতিফলনের জন্য টেস্ট টিউবের নিমজ্জিত খালি অংশ চক্চকে দেখায়
চিত্র ৩৮

টেস্ট টিউবে জলপূর্ণ অংশের দিকে নাকাইলে কিছু চক্চকে দেখাইবে না। কারণ আলোক-রশ্মি টেস্ট টিউবের বাহিরেব জল হইতে আসিয়া ভিতরেব জলে প্রবেশ করিবে। সুতরাং পূর্ণ প্রতিফলন হইবে না।

(3) জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি (A fish eye view) :

জলের ভিতর থাকিয়া মাছ জলের উপরেব জিনিস কিস্তে দেখিতে পায় তাহা আলোচনা করা যাউক। মনে কবে, ই জলাশয়ের ভীবে একজন মানুষ দাঁড়াইয়া আছে। জল ও বায়ুর সংকট কোণ 49° । এখন মাছ হইতে কোন রশ্মি যদি জলের তল ঘেঁষিয়া জলে প্রবেশ কবে এবং মাছেব চোখে পৌছায় তবে জলের ভিতর প্রতিসরণ কোণ হইবে 49° [উদ নং চিত্র]। জলেব উপর হইতে অল্প কোন রশ্মি ইহা অপেক্ষা বেশী কোণ করিয়া মাছেব চোখে

পৌছাইতে পারে না। সুতরাং মাছ মানুষকে দেখিবে OAB রেখা বরাবর যাহা OP রেখার সহিত 49° কোণ উৎপন্ন করে। তেমনি, অপর পাড়ে একটি গাছ থাকিলে মাছের চোখ উহাকে OCD রেখা বরাবর দেখিতে পাইবে। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে OCD রেখাও OP রেখার সহিত 49°



জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি

চিত্র 3দ

কোণ উৎপন্ন করে। সুতরাং জলের উপরিস্থ সকল বস্তুই মাছের চোখে 98° কোণবিশিষ্ট একটি শঙ্কুর (cone) মধ্যে অবস্থিত আছে বলিয়া মনে হইবে। এইজন্য আমরা পৃথিবীর উপরে বায়ুমণ্ডলে সূর্যকে প্রতিদিন প্রায় 180° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখি কিন্তু জলের মধ্যে মাছ সূর্যকে 98° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখে।

উপরোক্ত শঙ্কুর বাহুর তাকাইলে মাছ জলের ভিতরস্থ বস্তু দেখিতে পাইবে। যেমন জলের ভিতরে একটি বস্তু S হইতে আলোক-রশ্মি জলতলে আপতিত হইলে আপতন কোণ 49° ডিগ্রীর বেশী হয়, সুতরাং রশ্মিটি জলতল দ্বারা পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া মাছের চোখে পৌছাইবে এবং বস্তুটিকে S' অবস্থানে দেখা যাইবে। এই কারণে মাছের চোখ সমস্ত জলতলকে চক্চকে আয়নার মত দেখিবে; শুধু ঐ আয়নাতে একটি গোল ছিদ্র থাকিবে যাহার

ব্যাসার্ধ হইবে CP অথবা AP এবং ঐ ছিদ্র দিয়া জলের উপরের সমস্ত বস্তু মাছের চোখে ধরা পড়িবে।

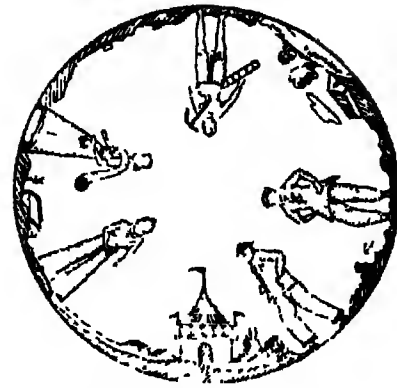
একটি পুকুরের পাড়ে চতুর্দিকে যদি কয়েকজন মানুষ দাঁড়াইয়া থাকে তবে জলের ভিতর মাছের চোখ ঐ মানুষগুলি এবং পাড়ের অন্যান্য বস্তু যেভাবে দেখিতে পাইবে তাহা 3নং চিত্রে দেখানো হইল।

(4) পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত :

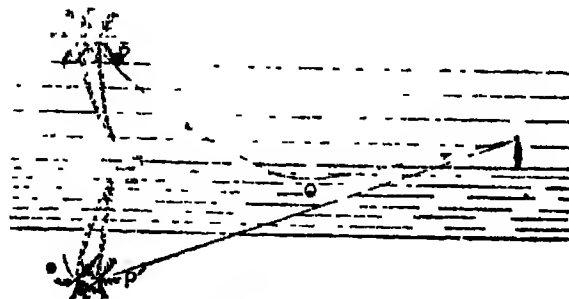
মরুভূমিতে বা শীতপ্রধান দেশে কোন দূরবর্তী বস্তু সমক্ষে লোকের একপ্রকার দৃষ্টিভ্রম (optical illusion) হয়। মরুভূমিতে মনে হয়, কোন দূরবর্তী গাছপালা কোন জলাশয় কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং শীতপ্রধান দেশে মনে হয় কোন দূরবর্তী বস্তুর উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে ঝুলিয়া আছে। এই ধরনের দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা (mirage) বলে এবং ইহা আলোকের পূর্ণ প্রতিফলনের ফল হইয়া থাকে।

মরুভূমির মরীচিকা :

মরুভূমিতে সূর্যের উত্তাপে বায়ু খুব উত্তপ্ত হয় এবং তাহা সংশ্লিষ্ট বায়ুস্তর উত্তপ্ত হয়। ফলে ঐ বায়ুস্তরের আয়তন বর্ধিত হয় এবং ঘনত্ব হ্রাস পায়। যত উপরে উঠা যায় তাপমাত্রা তত কম থাকে এবং তাহা ফলে উপরে ক্রমশ ঘনত্ব বায়ুস্তর অবতান করে। দূরবর্তী একটি গাছের কোন বিন্দু P হইতে যে-কোন নিম্নগামী আলোক-রশ্মি শীতল বায়ুস্তর হইতে উত্তপ্ত বায়ুস্তরে (অর্থাৎ ঘনত্ব হ্রাস হইতে লঘুত্ব হ্রাস হইতে) যাত্রার ফলে প্রতিসৃত হইবে এবং অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এইভাবে ক্রমশ বাকিতে বাকিতে অবশেষে এমন একটি স্থানে— যেমন Q স্থানে আসিয়া পৌঁছাইবে যখন আপতন কোণ সেই স্থান ও নীচ স্থানের সংকট কোণ অপেক্ষা



পুকুর পাড়ের জিনিসগুলি জলের মধ্যে মাছের চোখে যেমন দেখাইবে চিত্র 3নং



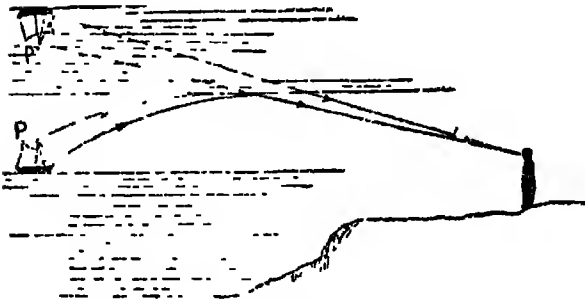
মরুভূমির মরীচিকা চিত্র 3গ

বেশী হইবে (3প নং চিত্র)। সূতবাং তখন রশ্মির প্রতিসরণ না হইয়া আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং প্রতিফলিত রশ্মি উপর দিকে যাত্রা শুরু করিবে। এইবার রশ্মি লঘুতর স্তর হইতে ঘনতর স্তরে প্রতিসৃত হওয়ায় ক্রমশ উপবেগ দিকে বাঁকিয়া যাইবে এবং অবশেষে মানুষের চোখে যাইয়া পৌঁছাইবে। চোখ রশ্মি এই বক্রপথ অনুসরণ করিতে পাবিবে না। চোখ দেখিবে যেন বস্তুটি P' বিন্দু হইতে আসিতেছে। P' বিন্দু হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব এবং এইভাবে মানুষ সমগ্র গাছের একটা উল্টা প্রতিবিম্ব দেখিবে।

তাছাড়া, তাপমাত্রার অনবরত পরিবর্তনের ফলে বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক সর্বদা পরিবর্তিত হয়। ইহা ফলে প্রতিদিনেই মুক্ত আন্দোলন হইতেছে বলিয়া মনে হয়, যেমন, বায়ুপাত্রে ফলে জলাশয়ে জল কম্পিত হইলে প্রতিবিম্ব 'গায়ে' আরো আন্দোলিত হয়। গাড়ি হইতে মোজাসজ্জি যে রশ্মি চোখে পৌঁছায় তাহা ফলে গাড়টিকে যথাগানে দেখা যায়। এই সা মিলিত্রা মানুষের চোখে জলাশয় কৃত্রিম প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইয়াছে এইরূপ দৃষ্টিভ্রম হয়।

শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা :

শীতের দেশে বায়ুপত্রে ঘনত্ব বত উপবেগ দিকে কমিয়া যায়। তাহা হইলে কোন দূরের বস্তু হইতে যে আলোকরশ্মি উৎসর্গ হয় তাহা ঘনতর



শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা

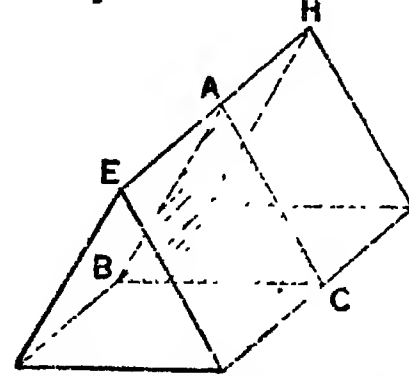
চিত্র 3ক

মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাত্রার ফলে অভিলম্ব হইতে দূরে প্রতিসৃত হয় এবং এইভাবে ক্রমশ আপতন কোণ বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে এদিক স্তর হইতে পূর্ণ প্রতিফলন হয়। তখন রশ্মি নিয়গামী হইয়া মানুষের চোখে পৌঁছায়

এবং মনে হয় উপরের কোন এক বিন্দু হইতে আসিতেছে। এইরূপে সমগ্র বস্তুটির একটা উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে বুলন্ত অবস্থায় দেখা যায় (3ক নং চিত্র)।

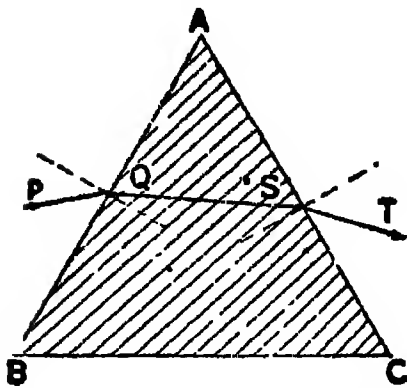
. 3-17. প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a prism) :

প্রিজম : ইহা একটি কাচের ত্রিভুজাকৃতি ফলক যাহার তলগুলি পরস্পরেব সহিত আনত (inclined) এবং যাহার প্রান্তবেখাগুলি (edges) সব পরস্পর সমান্তরাল। 3নং চিত্রে একটি প্রিজমের ছবি দেখানো হইয়াছে। EH প্রিজমের একটি প্রান্তবেখা। ABC প্রিজমের একটি ছেদ (section)। ইহাকে প্রিজমের প্রধান ছেদ (principal section) বলা হয়। ইহা প্রিজমের তিনটি প্রান্তবেখার সাহিত লম্বভাবে অবস্থান করে।



আমরা যখন প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রিজম, ΔABC প্রিজমের প্রধান ছেদ প্রতিসরণ আলোচনা করিব তখন সবদা মনে করিব যে বর্ণী প্রিজমের প্রধান ছেদের তলে (plane) অবস্থান করিতেছে। BAC কোণকে প্রিজমের প্রতিসারক কোণ ও BC-কে ভূমি বলা হয়। AB ও AC-কে প্রতিসারক পৃষ্ঠ (refracting surface) বলা হয়।

ধরা যাক, ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ। PQ একটি বর্ণী AB তলে Q বিন্দুতে আপতিত হইবে। 3নং চিত্র।। এতদ্বারা আলোক-বর্ণী কাচ মাধ্যমে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং QS প্রতিসৃত বর্ণী AB তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে সরিয়া যাইবে। আলোক বর্ণী



প্রিজমের মধ্য দিয়া বর্ণীর গতিপথ

চিত্র 3৩

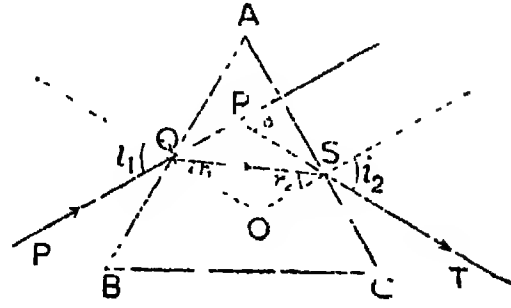
AC তলে S বিন্দুতে আপতিত হইয়া পুনরায় বায়ুমাধ্যমে নির্গত হইবে। ইহাব ফলে বর্ণী পুনরায় প্রতিসৃত হইবে এবং AC তলে অঙ্কিত অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া গিয়া ST সমলবেগায় নির্গত হইবে। ফলতঃ PQST হইল আলোক-বর্ণীর সমগ্র পথ। ইহা স্পষ্টই দেখা যায় যে প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে বর্ণী প্রিজমের ভূমির (BC) দিকে বাকিয়া যায়

অর্থাৎ বর্ণীটির পথের **চ্যুতি** (deviation) ঘটে। আপতিত বর্ণী PQ-র

অভিমুখ ও নির্গম রশ্মি ST-র অভিমুখ পরস্পরের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে চ্যুতি-কোণ (angle of deviation) বলে ।

চ্যুতি-কোণের পরিমাপ :

মনে কব, ABC প্রিজমের ভিতর দিবা PQST ইহল আলোক-রশ্মির সমগ্র পথ (3ম নং চিত্র) । PQ ও TS-তে বণিত কালে উদ্ভা বা যে-কোণ উৎপন্ন হবে (৪) উদ্ভা হইল বশি। চ্যুতি-কোণ। AB তলে PQ বশিব আপতন কোণ i_1 এবং প্রতিফলন



চ্যুতি-কোণের পরিমাপ
চিত্র 3ম

কোণ r_1 এবং AC তলে QS বশিব আপতন কোণ i_2 এবং নির্গম কোণ r_2 এখন RQS ত্রিভুজের QR বাত যদি ও কবা হইয়াছে বশি।

$$\begin{aligned} \text{বহিস্তকোণ } \delta &= \angle RQS + \angle RSQ \\ &= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2) \\ &= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2) \end{aligned}$$

এখন, AQOS চতুর্ভুজের সমস্ত কণটি কোণের সমষ্টি = 4 rt $\angle s$

অর্থাৎ, $\angle A + \angle O + \angle AQO + \angle ASO = 4 \text{ rt } \angle s$

কিন্তু $\angle AQO + \angle ASO = 2 \text{ rt } \angle s$ কারণ QO এবং SO

যথাক্রমে AB ও AC তলে লম্ব !

$$\therefore \angle A + \angle O = 2 \text{ rt } \angle s$$

আবার QSO ত্রিভুজে, $\angle O + \angle r_1 + \angle r_2 = 2 \text{ rt } \angle s$

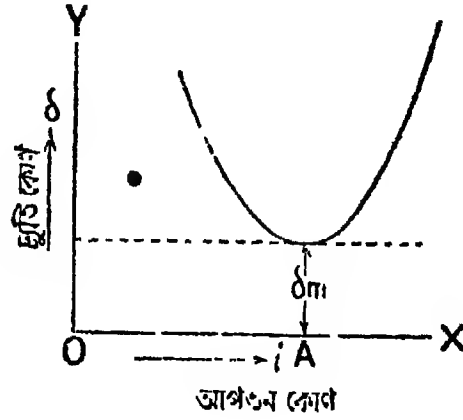
$$\therefore \angle A = \angle r_1 + \angle r_2$$

$$\text{সুতরাং, } \delta = i_1 + i_2 - A.$$

১.১৪. ন্যূনতম চ্যুতির কোণ (Angle of minimum deviation) .

উপবোদ্ধ সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যায় যে কোন নির্দিষ্ট প্রতি-সারক কোণের প্রিজমের বোঝাতে চ্যুতি কোণ δ আপতন কোণ i_1 -এব

উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, আপতন কোণ পরিবর্তন করিলে চ্যুতি-কোণও পরিবর্তিত হয়। কিন্তু দেখা গিয়াছে যে একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (minimum) হয়। অর্থাৎ, আপতিত রশ্মি ঐ নির্দিষ্ট কোণ অপেক্ষা বেশী অথবা কম কোণে আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ সবদা বাড়িয়া যায়। একটি বর্গক্ষেত্রে বিভিন্ন আপতন কোণে একটি প্রিজমের



চিত্র 3য় .

উপর ফেলিয়া উহার বিভিন্ন চ্যুতি-কোণ নির্ণয় করিয়া আপতন-কোণ (i) এবং চ্যুতি কোণ (δ) -গুলির ভিত্তিতে একটি লেন্স (graph) টানিলে উক্ত 3য় নং চিত্রের ন্যায় হইবে। উহাকে $\delta-i$ লেন্স বলা হয়। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে (চিত্রে OA) বর্গক্ষেত্রে আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (δ_m) হয়। অর্থাৎ যেকোন আপতন কোণের বেনাতে চ্যুতি কোণ বেশী হয়। চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইলে উহাকে **ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ** বলা হয় এবং কোন প্রিজমকে যদি এমনভাবে আপতিত করা যায় যে, আপতিত রশ্মি উক্ত নির্দিষ্ট আপতন কোণে প্রিজমের উপর পড়িয়া যাহাতে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইবে তখন প্রিজমের ঐ অবস্থানকে **ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থান** (position of minimum deviation) বলে।

3-19. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (Refractive index of the material of a prism) :

$$\text{আমরা দেখিয়াছি, } \delta = i_1 + i_2 - A$$

$$\text{এবং } A = r_1 + r_2$$

যদি কোন রশ্মি কোন প্রিজমের ভিতর দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে প্রতিফলিত হয়, তবে পরীক্ষা দ্বারা এবং গাণিতিক হিসাবের দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, আপতন কোণ $i_1 =$ নির্গম কোণ i_2 - অর্থাৎ, যখন চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম

(δ_m) তখন $i_1 = i_2$. আবার ইহা সহজেই বোঝা যায় যে যখন $i_1 = i_2$ তখন $r_1 = r_2$; সুতরাং,

$$A = 2r_1 \text{ এবং } r_1 = \frac{A}{2}$$

$$\text{এবং } \delta_m = 2i_1 - A$$

$$\text{or, } i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$$

এখন AB তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে আপতন কোণ $= i_1$ এবং প্রতিসরণ কোণ $= r_1$. যদি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক ' μ ' বলা হয় তবে

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

সুতরাং ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ (δ_m) এবং প্রিজমের প্রতিসারক কোণ (A) জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি প্রিজমের প্রতিসারণ কোণ 60° এবং উক্ত প্রিজমের ভিত্তর দিয়া কোন বস্তুর ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 30° . প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত?

[The refracting angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray passing through the prism is 30° . What is the R. I. of the material of the prism ?]

উ। এখানে $A = 60^\circ$ এবং $\delta_m = 30^\circ$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\text{অথবা, } \mu = \frac{\sin \frac{30 + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 45}{\sin 30} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 = \sqrt{2}$$

(2) কোন প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উহার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1.5. উহার ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত? [$\sin 48^\circ 36' = 0.75$]

[The refracting angle of a prism is 60° and the R. I. of its material is 1.5. What is the angle of minimum deviation? $\sin 48^\circ 36' = 0.75$]

উ। . এখানে $A = 60^\circ$ এবং $\mu = 1.5$

আমরা জানি, $\mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$

$$\therefore 1.5 = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin 30} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\frac{1}{2}}$$

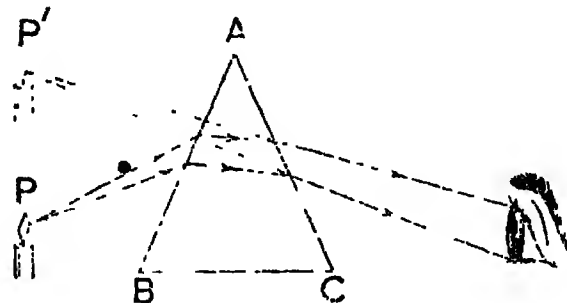
$$\text{or, } 0.75 = \sin \frac{\delta_m + 60}{2} \quad \text{or, } \sin 48^\circ 36' = \sin \frac{\delta_m + 60}{2}$$

$$\frac{\delta_m + 60}{2} = 48^\circ 36' \quad \text{or, } \delta_m = 97^\circ 12' - 60^\circ = 37^\circ 12'$$

3-20. প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image by a prism) :

বস্তু হইতে আলোক-বশি নির্গত হইয়া কোন মাধ্যম কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে সন বা অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, ইহা আমরা জানি। যেহেতু, প্রিজম একটি প্রতিসারক মাধ্যম (refracting medium), সেহে হেতু প্রিজম বস্তু প্রতিবিম্ব গঠন করিতে পারে। কিন্তু

সাধারণভাবে কোন বিন্দু-প্রভব হইতে আলোক-বশি নির্গত হইয়া প্রিজম কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে ঐ প্রতিফলিত বশিগুলি কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় না বা নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে অপসৃত



প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3৬

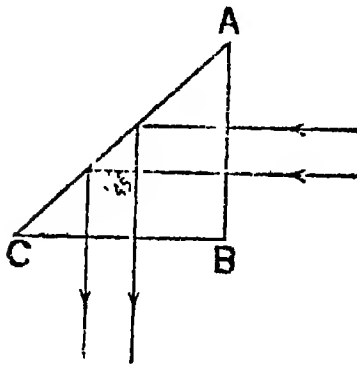
(diverge) হইতেছে বলিয়াই মনে হয় না। সুতরাং সাধারণভাবে প্রিজম কোন প্রভবের প্রতিবিম্ব গঠন করিতে না। কিন্তু যদি প্রিজমকে ন্যূনতম চ্যুতি-

কোণে স্থাপন করা যায় তবে ব্যাপারটা একটু অল্পরকম হইবে। মনে কর, একটি মোনবাতির শিখার যে কোন বিন্দু P হইতে একগুচ্ছ অপসারী আলোক-রশ্মি ABC প্রিজমের উপর পড়িল। প্রিজমটি ঐ রশ্মিগুচ্ছের মধ্যস্থির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত (3র নং চিত্র)। এক্ষেত্রে রশ্মিগুলি প্রতিসৃত হইবার পর চোখে এমনভাবে গিয়া পৌছাইবে যে মনে হইবে যেন উহার P' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অর্থাৎ P' বিন্দু হইবে P বিন্দুর অসদ বিন্দু। এইরূপ হইবার কারণ এই যে প্রিজমটি বশ্মিগুচ্ছের মধ্যস্থির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত বলিয়া প্রতিসৃত হইবার পরও ঐ বশ্মিগুলির পারস্পরিক ব্যবধান প্রায় পূর্বের মত থাকবে। সুতরাং, প্রিজমটিকে এইভাবে রাখিলে বস্তু স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে।

3-21 প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার (Some specific uses of prism) :

(1) পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম (Total reflection prism) :

ABC একটি সমানুভূত সমকোণী (right angled isosceles) কাচের প্রিজম। একগুচ্ছ সমানুভূত বশ্মি লম্বভাবে AB তলে আপতিত হইলে



পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম

চিত্র 3নং

বশ্মিগুলি মোটা প্রিজমের ভিতর প্রবেশ করিলে এবং AC তলে আপতিত হইলে (3নং চিত্র)। এখানে বশ্মিগণ আপতন কোণ 45° , কিন্তু কাচ ও বায়ুর সংকেত কোণ 41.45° । সুতরাং, বশ্মিগুলির 45° হইতে 41.45° হইতে প্রবেশ করিবার সময় সংকেত কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হইতেছে

এই অবস্থায় বশ্মিগুলির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং BC তলে লম্বভাবে

আপতিত হইয়া দিক পরিবর্তন না করিয়া বায়ুতে নিগত হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আপতিত সমানুভূত বশ্মিগুলি মোট 90° ঘুরিয়া পুনরায় সমানুভূতভাবে নির্গত হইতেছে। এই ধরনের প্রিজমকে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম বলা হয়।

পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমের কার্যপ্রণালীর সঠিক সমতল দর্পণের কার্যপ্রণালীর অবিকল মিল আছে। কারণ, যদি মনে করা যায় যে ABC প্রিজমের

পরিবর্তে AC একটি সমতল দর্পণ তবে উপরোক্ত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ ঠিক পূর্বের মতনই প্রতিফলিত হইবে। এই কাবণে অনেক আলোকীয় যন্ত্রে (optical instrument) রশ্মিব প্রতিফলনের জন্য সমতল দর্পণের পরিবর্তে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম ব্যবহার করা হয়। কারণ, সমতল দর্পণ অপেক্ষা প্রিজমের কতগুলি সুবিধা আছে। সুবিধাগুলি নিম্নরূপ:

(a) সমতল দর্পণে সংশ্লিষ্ট এবং পিছনের দুইটি তলে আলোক প্রতিফলন ও প্রতিসরণের দকন প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল হয় না এবং একেব আনক প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়া বিভাঙ্কিত সৃষ্টি করে। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে রশ্মিব পূর্ণ প্রতিফলন হয় বলিয়া একটি প্রতিবিম্ব তৈর্য্যবী হয় এবং উচা খুব উজ্জ্বল হয়।

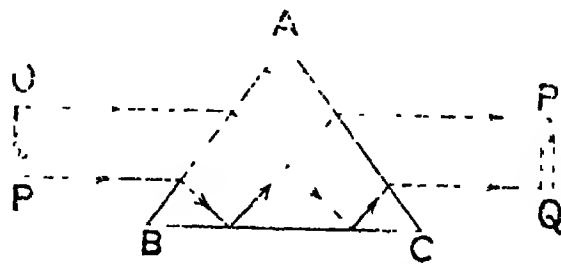
(b) সমতল দর্পণে পারদেব প্রলোপ থাকে। এই প্রলোপ নষ্ট হওয়া গেলে প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হয়। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে কেবল কোন প্রলোপ না থাকায় প্রতিবিম্ব সবদা স্পষ্ট থাকে।

(c) সমতল দর্পণে বিক্ষেপণ (scattering) দ্বারা বিচ্ছিন্ন আলোক নষ্ট হয় কিন্তু প্রিজমে উচা হয় না।

(ii) প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম (Erecting prism):

এই প্রিজমের সাহায্যে কোন উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া বা সোজা করা যায়। উচা খাড়া বিচ্ছিন্ন নয়--পূর্বোক্ত সমদ্বিবাহু সমকোণী প্রিজম। ABC হইল প্রিজম (উপ নং চিত্র)।

কোন QP একটি মোনোক্রোমিক উল্টা প্রতিবিম্ব। উচা উল্টে আলোকরশ্মি প্রিজমে অভ্যন্তরে প্রতিফলিত হইয়া BC তলে আপতিত হইলে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা



• প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম
চিত্র ৩৭

বৈধী হইবে। ফলে বাঁশ্বব পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। রশ্মিগুলি যখন প্রিজম হইতে নিগত হইবে তখন উচাদের দিক ত্যাগিত হইবে না কিন্তু অবস্থান উল্টাইয়া যাইবে (চিত্র দ্রষ্টব্য)। ফলে, PQ প্রতিবিম্ব খাড়া দেখা যাইবে।

দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, পেরিস্কোপ প্রভৃতি নানাপ্রকার আলোকীয় যন্ত্রে উপরোক্ত প্রিজম ব্যৱহার করিয়া উল্টানো প্রতিবিম্বকে খাড়া করা হয়।

সারাংশ

কোন স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যম হইতে আসিয়া আলোকরশ্মি অপর কোন মাধ্যমে ভিন্নভাবে আপতিত হইলে দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির গতির অভিমুখের পরিবর্তন হয়। ইহাকে আলোকের প্রতিসরণ বলে।

প্রতিসরণের সূত্র :

(১) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে বিভেদ-তলের উপরে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিফলিত রশ্মি সবদা এক সমতলে থাকে।

(২) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা প্রবক হয়।

হাটল-এর আলোকচক্র বা পিন দ্বারা উপরোক্ত সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

প্রতিসরাঙ্ক : যদি কোন আলোক-রশ্মি 'a' মাধ্যম হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমে উপর ১ কোণে আপতিত হয় এবং ২ কোণে 'b' মাধ্যমে প্রতিফলিত হয় তাহা হইলে

$$\mu_{ab} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

μ_{ab} কে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষে 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাপেক্ষভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বিনলে বুঝিতে হইবে যে, আলো বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিফলিত হইয়াছে।

আভাস্তরণ পূর্ণ প্রতিফলন :

যখন আলোক-রশ্মি ঘনতর মাধ্যম হইতে ন্যূন মাধ্যমে যায় এবং উভয় মাধ্যমের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোন আপতিত হয়, তখন রশ্মিই আভাস্তরণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।

মুকুতফল বা শীতপ্রদান দেশে দুইদিক বস্তুর সংকে যে দৃষ্টিভ্রম হয়, তাহা আভাস্তরণ পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত। এই দৃষ্টিভ্রমকে মর্বাচিকা বলে।

প্রিজম একটি ত্রিভুজাকৃতি কাচের ফলক। প্রিজমে ভিতর দিয়া যাইবার ফলে আলোক-রশ্মির পথের চ্যুতি হয় এবং রশ্মি প্রিজমেই হুমির দিকে বাকিয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

১. আলোকের প্রতিসরণ কতটুকু? নিম্নলিখিত অঙ্ক কিরূপে আলোকের প্রতিসরণ হয় তাহা ভাব আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও : (ক) বায়ু হইতে কাচে, (খ) জল হইতে বায়ুতে।

[What is refraction of light? Explain, by suitable diagrams, how refraction of light takes place in the following cases—(a) from air to glass and (b) from water to air.]

২. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব দাও :—

- (ক) একটি দণ্ডকে আংশিক জলে ডুবাইলে বাঁকা দেখায় কেন ?
- (খ) একটি জলপূর্ণ পাত্র একটু অগভীর মনে হয় কেন ?
- (গ) স্থূ্য অন্ত গেলোও কিছুক্ষণ দেখা যায় কেন ?

[Answer the following questions :—

(a) A stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water. Why ? [H. S. (comp), 1962]

(b) A vessel full of water appears shallower than it is. Why ? [H. S. (comp) 1960]

(c) The setting sun can be seen when it is already below the horizon. Why ?]

৩. প্রতিসরণের সূত্র কি ? উচ্চাঙ্গের সত্যতা পরীক্ষা করিয়ে দিকপে ?

[What are the laws of refraction ? How would you verify them experimentally ?] [Cf. H. S. (comp) 1960]

৪. প্রতিসরাঙ্ক বলিতে কি বোঝ ? ক'টপ প্রতিসরাঙ্ক ১.৫ বলিলে কি বোঝায় ?

What do you mean by refractive index ? What does the statement that refractive index of glass is 1.5 mean ? [Cf. H. S. Exam. 1962]

৫. আলোক মাধ্যমকে এক মাধ্যম অথবা মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে বদলতে কি বুঝায় ? এই ঘনত্বের সীমিত মাধ্যমের আলোকিক ঘনত্বের সম্পর্ক কি ? নিম্নলিখিত পদার্থগুলিকে আলোক মাধ্যম উচ্চাঙ্গের ঘনত্বের ক্রমবর্ধমান মূল 'অনুযায়ী' মাজিও :—(ক) কাচ (খ) তাম্র (গ) তেল (ঘ) বরফ (ঙ) জল।

[What do you understand by a medium being optically denser than another ? What relation has this density with the specific gravity of the medium ? Arrange the following substances in order of increasing optical density :—

(a) glass (b) turpentine (c) ice and (d) water.

৬. কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক সীমিত ঐ মাধ্যম আলোকের গতিবেগ সম্পর্ক কি ? নিম্নলিখিত মাধ্যমগুলির কোনটির গতিবেগ দ্রুত ? আলোকের গতিবেগ সর্বোচ্চ বোঝা এবং কোনটির গতিবেগ সর্বনিম্ন বোঝা :—(ক) বায়ু (খ) জল (গ) কাচ ? লালবর্ণের আলোকের গতিবেগ বেগুনী বর্ণের চেয়ে দ্রুত কি না বোঝা ?

[How is the refractive index of a medium related to the velocity of light in that medium ? In which of the following media does light travel fastest and in which slowest :—(a) air (b) water (c) glass ? Does red light travel faster or slower than the violet light ?]

৭. জ্যামিতিক অঙ্কন দ্বারা ও তথ্য বাস্তবায়ন দ্বারা নিম্নলিখিতরূপে কবায় যায় তাহা প্রমাণ কর। একটি জলাশয়ের জলেব উপরতল হইতে ৫ inches উচ্চত্রে একটি ক্ষুদ্র বস্তু O স্থাপিত। O হইতে ৫ inches দূরত্রে বাস্তব বিগত হইয়া একটি জলতলে আলোকিত হয়ে এবং অন্যটি ৪০° আপতন কোণে

আপত্তিত হইল। ফেল অভ্যায়ী জ্যামিতিক অঙ্কন দ্বারা এই রশ্মি দুইটির প্রতিফলিত রশ্মির পথ নির্ণয় কর। জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \frac{4}{3}$.

[Explain how the path of a refracted ray may be determined by geometrical construction.

A small object O is situated 6 inches above the surface of water in a pond. Construct on a scale diagram the paths of two refracted rays corresponding to incident rays from O, one perpendicular to the surface of water and the other having an angle of incidence 30° . Refractive index of water $= \frac{4}{3}$.]

8. একটি সমান্তরাল ফলকের ভিতর দিয়া আলোক-রশ্মির প্রতিসরণ হইলে আপত্তিত রশ্মি ও নিগম রশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল হয়, ইহা প্রমাণ কর। এই ক্ষেত্রে রশ্মির পার্শ্ব-সরণ কত হইবে?

[Prove that when a ray is refracted through a parallel slab, the incident ray and the emergent ray are parallel to each other. What is the lateral shift of the ray?] [Cf. H S Exam. 1963]

9. 'a' এবং 'b' দুইটি মাধ্যম। প্রমাণ কর, $a\mu_b = \frac{\text{'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক}}{\text{'a' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক}}$

বায়ু মাধ্যমের জলের প্রতিসরাঙ্ক 1.33 এবং বায়ু মাধ্যমের তেলের প্রতিসরাঙ্ক 1.45; হাল মাধ্যমের তেলের এবং তেল মাধ্যমের জলের প্রতিসরাঙ্ক কত?

['a' and 'b' are two media. Prove that $a\mu_b = \frac{\text{refractive index of 'b'}}{\text{refractive index of 'a'}}$

Refractive index of water with respect to air is 1.33 and that of an oil with respect to air is 1.45. What are the refractive indices of oil with respect to water and water with respect to oil?] [Ans. 1.07 ; 0.9]

10. একটি কাচফলকের ভিতর দিয়া কোন বস্তুকে যে জ্যোতি দেখিলে মনে হয় যে অদৃশ্য ও আপাত অবস্থানের ভিতর সংশ্লিষ্ট হয়। কত?

[Obtain a relation between the real and apparent positions of an object when it is viewed normally through a block of glass.] [H. S Exam 1964]

11. 4 cm. উচ্চ একটি কাচফলক বস্তু তলীয় একটি ছবি আটকানো আছে। ছবিটিকে সোজা হাঙ্গ দেখিল কতটা উঠিয়া আছে বলিয়া মনে হইবে? কাচের প্রতিসরাঙ্ক = 1.6.

[A picture is stuck at the bottom of a block of glass 4 cm high. How far will it appear to be raised when viewed perpendicularly? R. I. of glass = 1.6.] [Ans. 1.6 cm.]

12. 1 ইঞ্চি পুরু একটি কাচের তলীয় একটি চিহ্ন আছে। চিহ্নটিকে সোজা হাঙ্গ দর্শনে মনে হয় পাতেব উপরতল হইতে উঠা 0.64 ইঞ্চি তলীয়। কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত?

[A dot lies at the bottom of a glass slab 1 inch thick. When the dot is viewed normally, it appears to be 0.64 inch below the upper surface of the block. What is the R. I. of glass?] [Ans. 1.67]

13. বায়ু এবং অস্ফটিক একটি ঘন মাধ্যমের বিভেদ-তল হইতে 12' দূরে বায়ুমাধ্যম একটি বৈচ্ছাদিত বাতি রাখা আছে। ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.5; বিভেদ-তল হইতে 10' নীচে ঘন মাধ্যমের মধ্যে চোখ রাখিয়া বাতিটিকে দেখিলে বাতিটি কোথায় অবস্থিত বলিয়া মনে হইবে?

[An electric bulb is placed in air at a distance of 12' from the surface of separation of a denser medium of refractive index 1.5. It is viewed through the denser medium from a distance of 10' below the surface of separation. Find the distance where the bulb will now be seen]

[Ans. চোখ হইতে 28' দূরে]

14. একটি জলপূর্ণ পাত্রেব তলায় একটি বস্তু আছে এবং একটি লোক এমনভাবে দাঁড়াইয়া আছে যে ঠিক পাত্রেব কিনারা দিয়া বস্তুটিকে দেখিতে পায়। এখন যদি পাত্রেব জল সবাইয়া ফেলা হয় তবে সে কি দেখিবে?

[A substance is placed at the bottom of a basin full of water and a person stands in such a position that he can just see it over the edge of the basin. While he is looking, the water is drawn off. How will this affect his view?]

15. একটি কাচের চৌবাচ্চায় একটি মাছ আছে। জলের তলের উপর হইতে কোন লোক তাকাইয়া চৌবাচ্চায় দুইটি মাছ দেখিতেছে। ইহা কিকপে সম্ভব হইতে পারে বন্ধাইয়া দাও এবং ইহাব একটি নকশা আঁক।

[A fish swims in a glass tank, a person whose eyes are above the level of the water seems to see two fish. Draw a diagram to illustrate this and give any explanation you think necessary]

16. একটি আলোক-বীজ একটি আয়তাকার কাচের ব্লকের অভ্যন্তরে ঢুকিয়া নীচ তলে আপতিত হইল। উহাব আপতন কোণ 80° ; বীজের কিছু অংশ নীচতল কর্তৃক কাচের ভিতর প্রতিফলিত হইল এবং বাকী অংশ বাহ্যতে নিগত হইল। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1.5 হইলে নিগত বীজ ও প্রতিফলিত বীজদ্বয়ের মধ্য কোণ নির্ণয় কর। ($\sin 48^\circ 40' = 0.75$)

[A ray of light travelling within a rectangular glass block falls on one of the faces of the block at an angle of incidence 80° . Some of the light is reflected internally and the rest emerges into air. Given that the refractive index of glass for the light is 1.5, calculate the angle between the internally reflected ray and the emergent ray. $\sin 48^\circ 40' = 0.75$]

[Ans. $101^\circ 20'$]

17. একটি সমান্তরাল তল-বিশিষ্ট কাচপ্লেটের মধ্য দিয়া লম্বভাবে একটি বস্তুকে দেখা হইতেছে। প্লেটের বেধ 'd' এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে প্রমাণ কর যে দর্শকের নিকট বস্তুর আপাত গভীরতা $= (\mu - 1)d$.

[An object is viewed through a plane parallel plate of glass of refractive index μ and thickness ' d ', the line of sight being normal to the plate. Prove that the object is apparently displaced towards the observer through a distance $\frac{(\mu-1)d}{\mu}$.]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(ক) একটি পুরু কাচের দর্পণে বস্তুব অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায় কেন? (খ) নক্ষত্র-গুলি ঝিক্‌মিক্‌ করে কিন্তু গ্রহগুলির আলো স্থির কেন? (গ) কাঁচ স্বচ্ছ কিন্তু কাচের শুঁড়া অস্বচ্ছ কেন? কাচের শুঁড়ায় জল ঢালিলে উহা পুনরায় স্বচ্ছ হয় কেন?

[Answer the following questions :—

(a) Why does a thick glass mirror form more than one image of an extended object (H. S. Exam. 1963) (b) Stars twinkle but planets emit steady light. Why? (c) Glass is transparent but powdered glass is opaque. If water is sprinkled on powdered glass, it becomes transparent again. Why?]

19. তুমি একটি অগভীর জলাশয়ের মাঝখানে দাঁড়াইয়া আছ যে-জলাশয়ের গভীরতা সর্বত্র সমান। কিন্তু তোমার মনে হইবে যে তুমি যেখানে দাঁড়াইয়া আছ সেখানকার গভীরতাই সর্বাপেক্ষা বেশ। এইরূপ হইবার কারণ ব্যাখ্যা কর।

[You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this.]

[H S Exam. 1963]

20. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ কাকে বলে পাব্জ্যবভাবে বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে সংকট কোণ পাওয়া যাইবে কিনা বল :—

(ক) আলোক-বশ্মি বায়ু হইতে কাচে যাইতেছে।

(খ) আলোক-বশ্মি কাচ হইতে বায়ুতে যাইতেছে।

[Explain clearly what you mean by 'total internal reflection' and 'critical angle'. State whether critical angle is available in the following cases :—

(a) Light travels from air to glass.

(b) Light travels from glass to air.]

21. প্রতিসরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ এবং 'সংকট কোণ' ও 'আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন' ব্যাখ্যা কর। সংকট কোণ ও প্রতিসরাঙ্কের ভিত্তিতে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define 'refractive index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between critical angle and refractive index]

[H. S Exam., 1960, '62 (comp), 1963]

22. (a) জলের প্রতিসরাঙ্ক 1.88 হইলে উহাৰ সংকট কোণ কত হইবে ?
 (b) বায়ু সাপেক্ষ কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হইলে উহাদের মধ্যে সংকট কোণ কত হইবে ?

[(a) What will be the critical angle of water if its R. I. is 1.88 ?

[Ans. 49°]

(b) If the refractive index of a medium with respect to air be $\sqrt{2}$, what will be their critical angle ?]

[Ans. 45°]

23. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব লেখ :—

- (ক) ভূসাকালি মাঝা ধাতব বল জলে ডুলাইলে চক্চকে দেখায় কেন ?
 (খ) কাচেব জানালায় ফাটল থাকিলে উহা চক্চকে দেখায় কেন ?
 (গ) একটি খালি কাচেব বল জলপূর্ণ পাত্রে তির্যকভাবে রাখিলে নিমজ্জিত অংশ চক্চকে দেখায় কেন ?

[Answer the following questions :—

- (a) A smoked ball introduced in a beaker of water appears silvery white. Why ? [H. S. (comp) 1960]
 (b) A crack in a glass pane when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?
 (c) An empty test tube introduced in a beaker of water in a slanting position appears shining when looked from above. Why ?]

24. মণীচকা কাকাকে বলে ? শুন্দব নয়াব সাহায্যে মণীচকা কিরপে সৃষ্টি হয় তাহা বর্ণনা কব।

[What is a mirage ? Explain by diagrams, how it is formed.]

25. একটি হিং জলাশয়ের h গভীরতায় একটি মাছ আছে। প্রমাণ কব যে মাছেব চোখে জলতল একটি গোল ছিদ্রযুক্ত আয়নার স্থায় প্রতিভাত হইবে এবং ঐ ছিদ্রেব ব্যাসার্ধ হইবে $h/\sqrt{\mu^2 - 1}$. জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \mu$.

[A fish is at a depth of ' h ' in a still pond. Prove that the free surface of the pond will appear to the eye of the fish like a plane mirror with a circular hole and that the radius of the hole is $h/\sqrt{\mu^2 - 1}$. The R. I. of water $= \mu$]

26. বায়ু সাপেক্ষ জলের সংকট কোণ 48.5° হইলে প্রমাণ কব যে কোন ভুবুৰীৰ নিকট জলতলেব উপবিষ্ট সকল বস্তু 97° কোণেব একটি শঙ্কু মধ্যে আবদ্ধিত বলিয়া মনে হইবে।

[If the critical angle of water relative to air be 48.5° , show that objects outside water will appear to a diver to be confined within a cone of angle 97° .] [H. S. (comp) 1963]

27. একটি মোমবাতিৰে একটি প্রিজম ও একটি সমান্তরাল তলনিশিষ্ট কাচফলকের মধ্যে দিয়া দেখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান কিরপ হইবে ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

[A candle flame is viewed through (a) a prism (b) a parallel sided glass slab. Explain, with the aid of neat diagrams, the apparent positions of the candle as seen by the eye.]

28. প্রিজম কাকে বলে? প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার উল্লেখ কর। 60° প্রতিসারক কোণ-বিশিষ্ট একটি প্রিজমের কোন তলে একটি আলোকবস্তু লম্বভাবে আপতিত হইলে রশ্মিটির গতিপথ আঁকিয়া দেখাও। ধব, কাঁচের সংকট কোণ 42° এবং প্রিজমের দুইটি তল আছে।

[What is a prism? Explain some specific use of prisms. Trace the path of a ray falling normally on a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42° . Consider any two faces of a prism.]

[cf. H. S. Exam. 1960]

29. একটি সমকোণী সমদ্বিবাহু কাঁচের প্রিজম দ্বারা কিক্রমে একটি আলোকবস্তু 90° চ্যুতি ঘটানো যায় তাহা চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

একই বস্তু বয়েলে একটি প্রিজম দ্বারা উল্লঙ্ঘিত ঘটনা সম্ভব নয় কেন তাহা ব্যাখ্যা কর। কাঁচ-বায়ুর সংকট কোণ $=41^\circ$; বয়েল-বায়ুর সংকট কোণ $=50^\circ$ ।

[Show, by means of a diagram, how a beam of light may be turned through 90° by an isosceles right-angled glass prism. Explain why the same effect could not be produced with a similar prism of ice. Critical angle for glass-air surface - 41° , critical angle for ice-air surface $=50^\circ$]

30. ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কাকে বলে? প্রতিসারক কোণ ও ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ দ্বারা প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

[What is the angle of minimum deviation? Establish the equation of the R. I. of the material of a prism in terms of the refracting angle and the angle of minimum deviation]

[cf. H. S. Exam. 1961]

31. একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং আলোকবস্তু ঐ প্রিজমের ভিতর যে ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ উৎপন্ন করে তাহা 40° । প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত?

($\sin 50^\circ = 0.766$)

[The angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray through the prism is 40° . What is the R. I. of the material of the prism? $\sin 50^\circ = 0.766$]

[Ans. 1.58]

32. একটি কাঁচের ত্রিভুজ এবং এর সমকোণী কোণ 90° এবং অন্য দুইটি কোণ 45° ; কোন আলোকবস্তু প্রিজমের কোন প্রতিসারক তলে লম্বভাবে আপতিত হইলে, কিভাবে প্রতিফলিত হইবে তাহা ছাঁচ আঁকিয়া বুঝাও। ঐ ক্ষেত্রে চ্যুতি কত হইবে? উহা ব্যাখ্যা কর।

[A glass prism has a refracting angle of 90° , the other angles being 45° . Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces. What is the deviation produced? Explain the phenomenon involved.]

[H. S. (comp) 1961]

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

লেন্স ও উহার কার্যপ্রণালী

[Lenses and their actions]

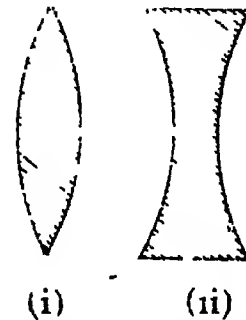
4-1. সূচনা :

বহু পূর্বকাল হইতে লেন্সেব ব্যবহাবেব প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে । সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে এক বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করিবার যে ক্ষমতা লেন্সেব আছে তাহা বহু পূর্ব হইতেহ জ্ঞান ছিল এবং লেন্সেব এই ধর্মকে অবলম্বন কবিয়া বহুশত বৎসর পূর্বে “Burning glass” বা আতশী কাচেব উদ্ভাবন হইয়াছিল । 1857 খ্রীষ্টাব্দে লেন্সেব এই ধর্মকে অবলম্বন কবিয়া একটি কাচেব গোলক নিমিত হইয়াছিল । এই গোলক দ্বারা সূর্যরশ্মিকে কেন্দ্রীভূত করিয়া ঘটা ৬ মিনিট চিহ্নিত একখানি কাগজ দগ্ধ করিয়া সময় নির্দেশ করিবার ব্যবস্থা কবা হইয়াছিল । আধুনিক কালে চশমা, ক্যামেরা, অনুবীক্ষণ, দূরবীক্ষণ প্রভৃতি নানারকম প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতিতে লেন্সেব বহুল ব্যবহার দেখিতে পাওয়া যায় ।

4-2 লেন্সের সংজ্ঞা (Definition of lenses) :

কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক (refracting) মাধ্যমকে যদি দুইটি গোলায় (spherical) অথবা একটি গোলায় ও একটি সমতল তল দ্বারা সীমাবদ্ধ কবা যায়, তবে সেই মাধ্যমকে **লেন্স** বলা হয় ।

যে-লেন্সের মধ্যস্থল মোটা এবং প্রান্তেব দিকটা সরু তাহাকে **উত্তল (Convex)** বা **অভিসারী (Converging) লেন্স** বলে [4ক (i) নং চিত্র] ।
যে-লেন্সের মধ্যস্থল সরু এবং প্রান্তের দিকটা মোটা তাহাকে **অবতল (Concave)** বা **অপসারী (Diverging) লেন্স** বলে [4ক (ii) নং চিত্র] ।

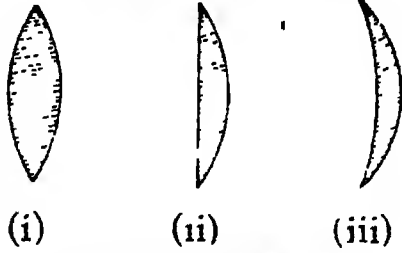


উত্তল ও অবতল লেন্স
চিত্র 4ক

4-3. বিভিন্ন প্রকারের লেন্স (Different types of lenses) :

লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া বিভিন্ন প্রকার লেন্স তৈয়ারী করা যাইতে পারে। যথা :—

- (1) **উত্তোলন** (Double or bi-convex) : যে লেন্সের উভয়তল উত্তল তাহাকে উত্তোলন লেন্স বলে [4খ (i) নং চিত্র]।



(i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের উত্তল লেন্স

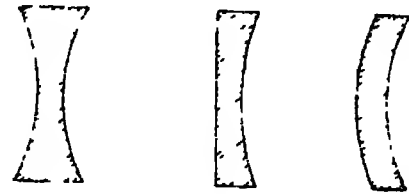
চিত্র 4খ

- (2) **সমোত্তল** (Plano-convex) : যে লেন্সের একটি তল সমতল ও অপরটি উত্তল তাহাকে সমোত্তল লেন্স বলে [4খ (ii) নং চিত্র]।

- (3) **অবতলোত্তল** (Concavo-convex) : যে উত্তল লেন্সের এক দিক অবতল ও অপরদিক উত্তল তাহাই অবতলোত্তল লেন্স [4খ (iii) নং চিত্র]।

- (4) **উত্তাবতল** (Double or bi-concave) : উভয় উভয়দিক অবতল [4গ (i) নং চিত্র]।

- (5) **সমাবতল** (Plano-concave) : এই লেন্সের একদিক সমতল এবং অপরদিক অবতল [4গ (ii) নং চিত্র]।



(i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের অবতল লেন্স

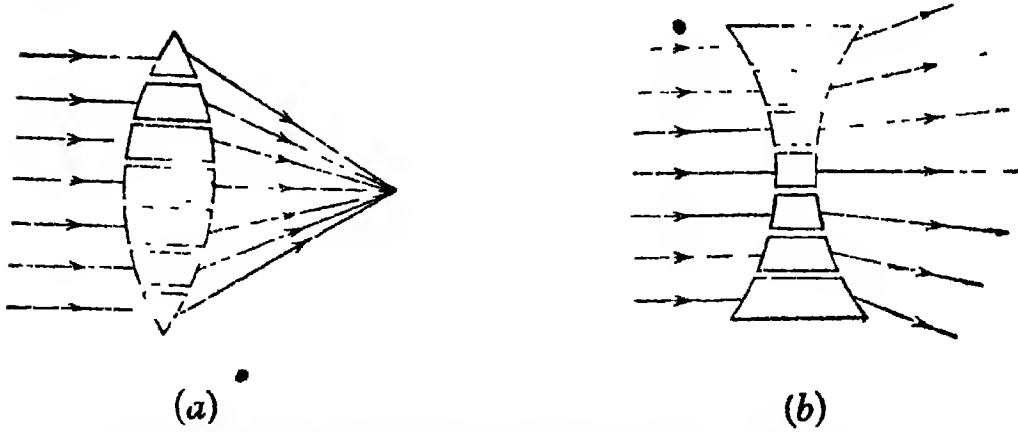
চিত্র 4গ

- (6) **উত্তলাবতল** (Convexo-concave) : যে অবতল লেন্সের একদিক উত্তল ও অপরদিক অবতল তাহাই উত্তলাবতল লেন্স [4গ (iii) নং চিত্র]।

4-4. উত্তল লেন্সকে অভিসারী ও অবতল লেন্সকে অপসারী বলা হয় কেন ?

একটি উত্তল লেন্সকে 4ঘ (a) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমন ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রে দিকে অভিমুখী। আমরা জানি, আলোক-রশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া গেলে প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়। সুতরাং যদি একগুচ্ছ

সমান্তরাল রশ্মি লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে ছোট ছোট প্রিজম দ্বারা বিচ্যুত হইয়া রশ্মিগুলি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী হইবে [4ঘ (a) নং চিত্র দ্রষ্টব্য]। এইজন্য উক্ত লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্স দ্বারা অভিসারী এবং অবতল লেন্স দ্বারা
অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হয়
চিত্র 4ঘ

ঠিক একইভাবে অবতল লেন্সকে ছোট ছোট প্রিজমে ভাগ করিলে প্রিজম-গুলির ভূমি লেন্সের প্রান্তের দিকে অভিমুখী হইবে। সুতরাং, এক্ষেত্রে রশ্মি-গুলির চ্যুতি বিপরীত হইবে [4ঘ (b) নং চিত্র]। ফলে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর মনে হইবে যেন একটি বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে অর্থাৎ উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হইবে। এই কারণে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

4-5. লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা :

(i) বক্রতা-কেন্দ্র (Centre of curvature) :

লেন্সের উভয়তলই যদি গোলাীয় হয় তবে উহার প্রত্যেকে একটি নির্দিষ্ট গোলকের (sphere) অংশ হইবে। ঐ গোলকের কেন্দ্রকে ঐ তলের বক্রতা-কেন্দ্র বলা হয়। যেমন, LN লেন্সের উভয়তলই গোলাীয় (4ঙ নং চিত্র)। LMN যে গোলকের অংশ (কাটা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) উহা বক্রতা-কেন্দ্র C_1 । সুতরাং LMN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইবে C_1 বিন্দু। ঐরূপ LPN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইল C_2 বিন্দু।

যদি লেন্সের কোন একটি তল গোলাীয় না হইয়া সমতল হয় তবে উহা বক্রতা-কেন্দ্র অসীমে (infinity) অবস্থিত হইবে।

(ii) বক্রতা-ব্যাসার্ধ (Radius of curvature) :

লেন্সের কোন তল যে গোলকের অংশ হইবে ঐ গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ বলা হয়। LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ C_1M এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ হইবে C_2P (4৬ নং চিত্র)।

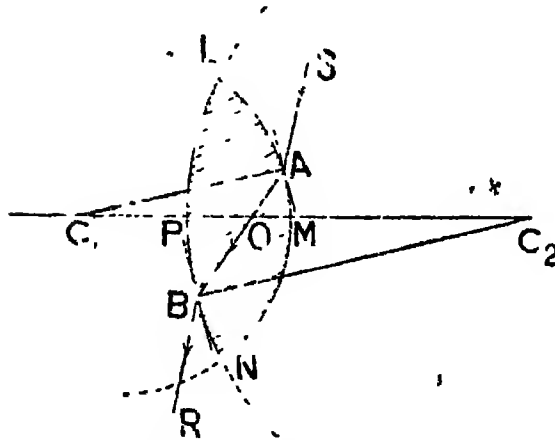
(iii) প্রধান অক্ষ (Principal axis) :

যদি লেন্সের দুইতল গোলাীয় হয় তবে উক্ত তলদ্বয়ের বক্রতা-কেন্দ্র দুইটিকে সংযুক্ত করিলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় উহাকে ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে। 4৬ নং চিত্রে C_1 এবং C_2 দুইতলের দুইটি বক্রতা-কেন্দ্র। সুতরাং C_1PMC_2 রেখা LN লেন্সের প্রধান অক্ষ (4৬ নং চিত্র)।

যদি লেন্সের একটি তল গোলাীয় এবং অপবটি সমতল হয় তবে গোলাীয় তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইতে সমতল তলের উপর লম্ব টানিলে উহাই ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ হইবে।

(iv) আলোক-কেন্দ্র (Optical centre) :

যদি কোন আলোক-রশ্মি লেন্সের যে-কোন তলে এমন ভাবে আপতিত হয় যে লেন্সের ভিতর দিয়া গিয়া দ্বিতীয় তল হইতে নির্গত হইবার সময় উহা আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয় তবে লেন্সের ভিতর ঐ রশ্মির গতিপথ প্রধান অক্ষকে যে-বিন্দুতে ছেদ কবে সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র বলে।



O বিন্দু লেন্সের আলোক-কেন্দ্র

চিত্র 4৬

4৬ নং চিত্রে SA একটি আলোক-রশ্মি LMN তলে

A বিন্দুতে আপতিত হইয়া লেন্সের ভিতরে AB পথে গমন করিল এবং BR পথে দ্বিতীয় তল হইতে SA অভিমুখের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে AB এবং প্রধান অক্ষ C_1C_2 -এই রেখাদ্বয়ের ছেদ-বিন্দু O হইবে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র।

এখানে একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য এই যে, আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গম (emergent) রশ্মি BR পরস্পরের সমান্তরাল বটে কিন্তু উহারা পরস্পর হইতে খানিকটা পাশে সরিয়া যায়—এক লাইনে থাকে না। এই পার্থ-সরণ (lateral displacement) লেন্স মোটা হইলে বাড়িয়া যায় এবং লেন্স সরু হইলে কমিয়া যায়। খুব সরু লেন্সের বেলাতে এই পার্থ-সরণ এতই নগণ্য যে SA, AB এবং BR একই সরলবেখা বলিয়া ধরা যাইতে পারে। এই কারণে সরু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে :—

সরু লেন্সের বেলাতে আলোক-কেন্দ্র উহার প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন এক বিন্দু যে উহার ভিতর দিয়া কোন আলোকরশ্মি গেলে উহার কোন চ্যুতি বা সরণ হয় না—উহা সোজা পথে লেন্সের ভিতর দিয়া চলিয়া যায়।

[**দ্রষ্টব্য :** যদি লেন্সের উভয় তলের বক্রতা-বাসাধ'সমান হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে। যদি বক্রতা-বাসাধ'সমান না হয় অথবা কোন তল সমতল হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে না।]

আলোক-কেন্দ্র একটি স্থির বিন্দু (Optical centre is a fixed point) :

যে কোন লেন্সের আলোক-কেন্দ্র লেন্সের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত হইবে—অর্থাৎ উহা একটি স্থির বিন্দু। নিম্নলিখিত উপায়ে উহা প্রমাণ করা যায় :—

৭৬ নং চিত্রে A ও B বিন্দুতে উভয় পৃষ্ঠে একটি কণিয়া স্পর্শক-তল (tangent plane) টান। ঐ তলদ্বয়ের পরস্পরের সমান্তরাল হইবে, কারণ আমরা জানি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক দ্বারা রশ্মি প্রতিফলিত হইলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম রশ্মি সমান্তরাল হয়। এক্ষেত্রে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গমরশ্মি BR সমান্তরাল হওয়ায় লেন্সের ঐ অংশকে সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। কাজেই A এবং B বিন্দুতে স্পর্শক-তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে। C_1A এবং C_2B সরলবেখাদ্বয় টান। C_1A হইল LMN তলের বক্রতা-বাসাধ' এবং A বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। অনুরূপভাবে, C_2B হইল LPN তলের বক্রতা-বাসাধ' এবং B বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। অতরাং C_1A এবং C_2B পরস্পরের সমান্তরাল। এই সকল কারণের জন্ত C_1AO এবং C_2BO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ (similar)।

কাজেই, $\frac{OC_1}{OC_2} = \frac{C_1A}{C_2B} = \frac{C_1M}{C_2P}$ [$C_1A = C_1M$ কারণ একই গোলকের ব্যাসার্ধ]

$\therefore \frac{C_1M - OC_1}{C_2P - OC_2} = \frac{C_1M}{C_2P}$ [$C_2B = C_2P$ " " " "]

অথবা $\frac{OM}{OP} = \frac{C_1M}{C_2P}$

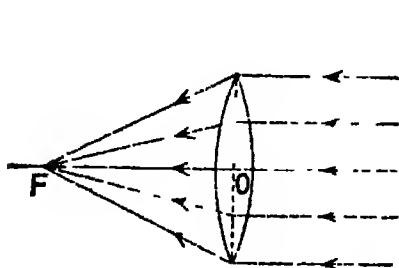
যদি LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_1 এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_2 হয় তবে $C_1M = r_1$ এবং $C_2P = r_2$, সেক্ষেত্রে,

$$\frac{OM}{OP} = \frac{r_1}{r_2}$$

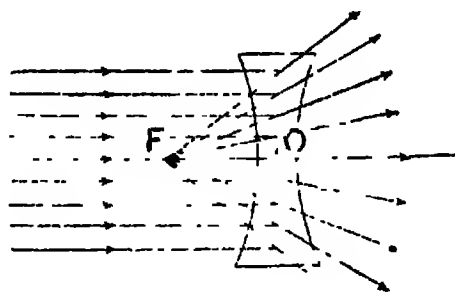
অর্থাৎ, আলোক-কেন্দ্র O-বিন্দু PM সরলরেখাকে এমন দুই অংশে ভাগ করিতেছে যাহাদের অনুপাত r_1 এবং r_2 -এর অনুপাতের সমান। কিন্তু বক্রতা-ব্যাসার্ধ দুইটি ধ্রুবক, কাজেই O বিন্দুর অবস্থানও ধ্রুবক—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু।

(v) **মুখ্য ফোকাস (Principal focus) :**

আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আসিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ



(a)



(b)

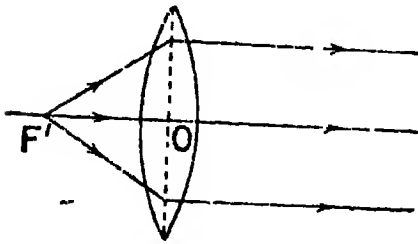
উত্তল এবং অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস

চিত্র 4c

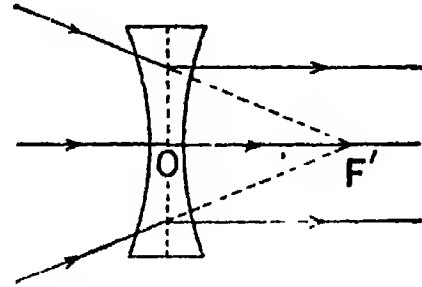
অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়। অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইলে (উত্তল লেন্সের বেলাতে) উহা অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দুতে মিলিত হয় এবং অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হইলে (অবতল লেন্সের বেলাতে) অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দু হইতে

অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় [4চ (a) এবং (b) নং চিত্র]। উক্ত বিন্দুকে উক্ত লেন্সের মূখ্য ফোকাস বলা হয়। 4চ চিত্রে F বিন্দু লেন্সের মূখ্য ফোকাস।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে লেন্সের দুইটি মূখ্য ফোকাস থাকে। উপরে যে মূখ্য ফোকাসের কথা বলা হইল উহাকে দ্বিতীয় মূখ্য ফোকাস (second principal focus) বলা হয়। ইহা ছাড়া আর একটি মূখ্য ফোকাস আছে— ইহাকে প্রথম মূখ্য ফোকাস (first principal focus) বলে। নিয়ে ইহার ব্যাখ্যা করা হইল।



(a)



(b)

উত্তল ও অবতল লেন্সের প্রথম মূখ্য ফোকাস

চিত্র 4ছ

মনে কর, একটি উত্তল-লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর F' এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ রশ্মি অপসৃত হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল এবং প্রতিসরণের পর বর্ণিগুচ্ছ প্রধান-অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল [4ছ (a) নং চিত্র]। এক্ষেত্রে F' বিন্দুকে উত্তল লেন্সের প্রথম মূখ্য ফোকাস বলা হইবে।

তেমনি, যদি একগুচ্ছ অভিসারী বর্ণিকে এমনভাবে একটি অবতল লেন্সের দিকে পাঠানো হয় যে লেন্সের অবতমানে উহা বা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত একটি বিন্দু F'-এ মিলিত হইত কিন্তু লেন্স কর্তৃক প্রতিসরণের ফলে উহা বা প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল, তাহা হইলে F' বিন্দুকে অবতল লেন্সের প্রথম মূখ্য ফোকাস বলিয়া গণ্য করা হইবে [4ছ (b) নং চিত্র]।

সুতরাং লেন্সের প্রথম মূখ্য ফোকাসের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ অপসারী রশ্মি নির্গত হইয়া (উত্তল লেন্সের বেলাতে) অথবা একগুচ্ছ অভিসারী রশ্মি উহার দিকে অগ্রসর হইয়া (অবতল লেন্সের বেলাতে) লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হয়।

[**জটিল্য :** লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকিলেও প্রতিবিম্ব গঠন সম্পর্কে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস কার্যকর হয়। এই কারণে সাধারণভাবে লেন্সের ফোকাস বা মুখ্য ফোকাস বলিতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসকেই বুঝায়।]

(iv) **ফোকাস-দূরত্ব (Focal length) :**

লেন্সের আলোক কেন্দ্র O হইতে প্রধান অক্ষ বরাবর যে-কোন মুখ্য ফোকাস F অথবা F' পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস-দূরত্ব বলে।

তবে, মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের উভয় পার্শ্বের মাধ্যম এক না হইলে O বিন্দু হইতে F এবং F' -এর দূরত্ব সমান হইবে না। সেক্ষেত্রে প্রথম মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে প্রথম ফোকাস-দূরত্ব (first focal length) এবং দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে দ্বিতীয় ফোকাস-দূরত্ব (second focal length) বলা হইবে।

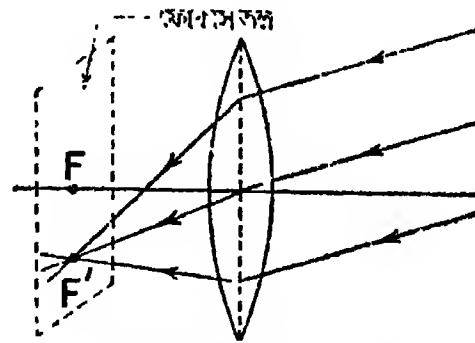
প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাউক যে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব সর্বদা ঋণাত্মক এবং উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ঋণাত্মক।

(vii) **ফোকাস-তল (Focal plane)**

কোন লেন্সের মুখ্য ফোকাসের ভিত্তি দিয়া এবং প্রধান অক্ষের সহিত লম্বভাবে একটি তল (plane) কল্পনা করিলে উহাকে লেন্সের ফোকাস-তল বলা হয়।

(viii) **গৌণ ফোকাস (Secondary focus) :**

যদি এক গুচ্ছ সমান্তরাল বর্ণি উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্য কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের ফলে বর্ণিগুচ্ছ অভিসারী বর্ণিগুচ্ছে পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দুতে মিলিত হয়। 4জ (a) নং চিত্রে F উত্তল লেন্সের মুখ্য-ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। প্রধান অক্ষের সহিত

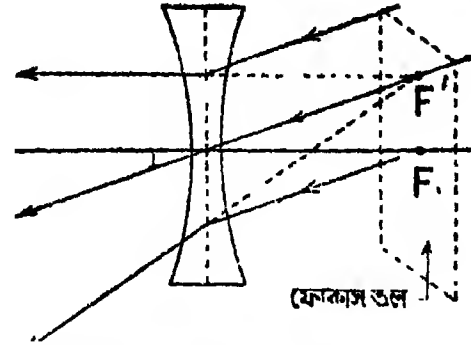


F' বিন্দু উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র 4জ (a)

আনত সমান্তরাল বর্ণিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F' বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে। F' উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস।

তেমনি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্ত কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ অপসারী রশ্মিগুচ্ছ পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। 4জ (b) নং চিত্রে F অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। F' অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস।



F' বিন্দু অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র 4জ (b)

মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের (উত্তল অথবা অবতল) মুখ্য ফোকাস স্থির বিন্দু—কিন্তু গৌণ ফোকাস স্থির বিন্দু নয়।

(ix) উন্মেষ (Aperture) :

লেন্সের আকার গোল। তাই সাধারণভাবে লেন্সের ব্যাসকে উন্মেষ উন্মেষের পরিমাপ বলিয়া ধরা হয়।

এই পুস্তকে যে লেন্স সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে উহার উন্মেষ ছোট—অর্থাৎ আকারে উহা ছোট এবং উহা খুব মক বলিয়া ধরা হইবে।

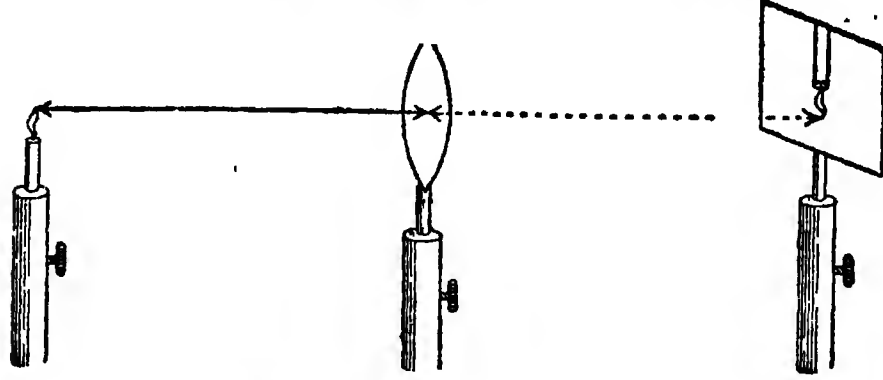
4-6. লেন্স কর্তৃক বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image of an object by lenses) :

আমরা জানি যে কোন বস্তু হইতে নির্গত আলোক রশ্মি যদি প্রতিফলিত হয়, তবে ঐ প্রতিফলিত রশ্মি বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রতিফলিত রশ্মিগুলি যদি কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর সদ্ প্রতিবিম্ব এবং যদি কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর অসদ্ প্রতিবিম্ব। যেহেতু, লেন্স একটি প্রতিসারক (refracting) মাধ্যম, অতএব লেন্স উপবোক্ত পদ্ধতিতে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে সক্ষম। প্রকৃতপক্ষে লেন্স দ্বারা আমবা বস্তুর সদ্ ও অসদ্ বিম্ব তৈয়াবী করিতে পারি।

পরীক্ষা :

একটি মোমবাতির শিখা ও একটি দণ্ডে আবদ্ধ কাগজের পর্দা পরস্পর হইতে খানিকটা দূরে রাখো। এইবাব অপর একটি দণ্ডে একটি উত্তল লেন্স

আটকাও এবং পর্দা ও শিখার মাঝখানে বসানো। এইবার লেন্সটিকে একটু অগ্র-পশ্চাৎ সরানো। দেখিবে লেন্সটিকে একটি বিশেষ জায়গায় রাখিলে



উত্তল লেন্স শিখার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতেছে

চিত্র 4ক

কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়িবে (4ক নং চিত্র)।

4-7. জ্যামিতিক উপায়ে প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Determination of the position of image by geometrical construction):

লেন্সের অক্ষস্থিত কোন বিন্দুত বস্তু প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে তাহা জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করিবার জন্য লেন্সের নিম্নলিখিত গুণাগুণ মনে রাখিতে হইবে।

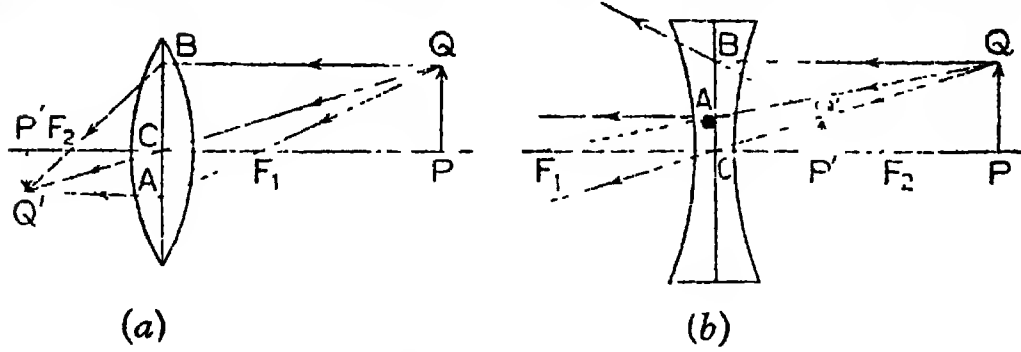
(i) কোন বস্তু যদি উত্তল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় অথবা অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের দিকে অগ্রসর হয় তবে লেন্স কর্তৃক প্রতিষ্ঠিত হইবার পূর্বে উহা লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে চলিয়া যাইবে।

(ii) কোন বস্তু যদি লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে অগ্রসর হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের পর উত্তল লেন্সের বেলাতে বস্তু দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া যাইবে এবং অবতল লেন্সের বেলাতে বস্তু দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইবে।

(iii) কোন বস্তু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইলে, বস্তুটির কোন বিচ্যুতি হইবে না—বস্তুটি সমান্তরাল একই পথে চলিয়া যাইবে।

4ক (a) এবং (b) নং চিত্র দুইটিতে উপবোক্ত তথ্য দেখানো হইয়াছে। বস্তু PQ লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে দণ্ডায়মান। F_1 এবং F_2 লেন্সের প্রথম ও দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস। C লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। Q বিন্দু হইতে একটি

রশ্মি QA লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস F_1 বিন্দুর মধ্য দিয়া (অবতল লেন্সের বেলাতে F_1 বিন্দুর দিকে), দ্বিতীয় রশ্মি QB লেন্সের, অক্ষের সমান্তরালভাবে এবং তৃতীয় রশ্মি QC লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের অভিমুখে অগ্রসর হইয়া



চিত্র 4এ

লেন্সের উপর পড়িতেছে। এক্ষেত্রে, প্রতিসরণের পর উপবোক্ত নিয়মানুযায়ী উত্তল লেন্সের বেলাতে রশ্মিগুলি Q' বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং অবতল লেন্সের বেলাতে Q' বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইতেছে। Q' বিন্দু হইতে অক্ষের উপর $Q'P'$ লম্ব টানিলে উদ্ভাট হইবে বস্তু প্রতিবিম্ব।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে উপবোক্ত তিনটি বস্তুবর্গ সহায়তা লইবার প্রয়োজন নাই; যে-কোন দুইটি বস্তু লইলেই প্রতিবিম্ব-অবস্থান নির্ণয় করা যাইবে।

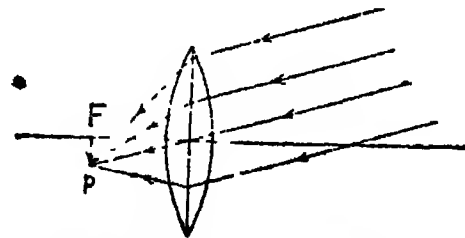
4-8. বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন (Formation of different images due to different object distances) :

বস্তু-দূরত্ব বিভিন্ন হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বিভিন্ন হয়। বস্তুকে বস্তুদূর হইতে লেন্সের খুব কাছে আনিলে প্রতিবিম্বের কিরূপ পরিবর্তন হয় জ্যামিতিক উপায়ে নিয়ে তাহা আলোচনা করা হইল।

(ক) উত্তল লেন্স :

(1) বস্তু অসীমে অবস্থিত (Object at infinity) :

বস্তু অসীমে অবস্থিত হইলে তাহা হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয় তাহারা পরস্পর সমান্তরাল ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের অক্ষের সহিত সামান্ত্রিক আনত (inclined) হইয়া লেন্সে আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর ফোকাস-তলে (focal plane) অবস্থিত কোন বিন্দু p তে মিলিত হইবে (গৌণ ফোকাসে



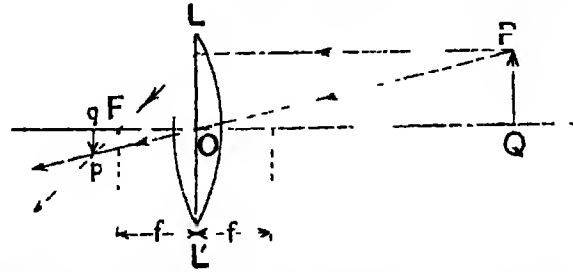
বস্তু অসীমে থাকিলে প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হয়

চিত্র 4ট (i)

সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। অন্তরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাস-তলে অবস্থিত হইবে [4ট (i) নং চিত্র]। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা ও খুব ছোট হইবে। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য (objective) তৈয়ারী হয়।

(2) বস্তু লেন্স হইতে $2f$ এর বেশী দূরে অবস্থিত :

PQ একটি বস্তু [4ট (ii) নং চিত্র]। P বিন্দু হইতে PL ও PO রশ্মি নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পূর্বে p বিন্দুতে মিলিত হয়। p বিন্দু হইতে অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব মিলিবে।



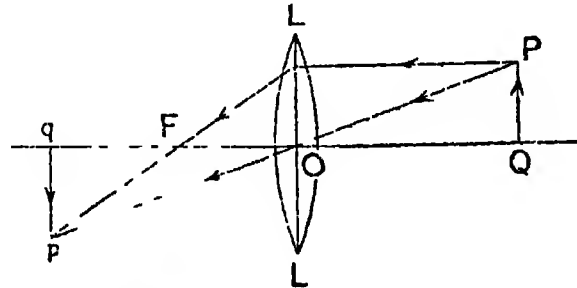
বস্তু $2f$ -এব বেশী দূরে ; প্রতিবিম্ব $2f$ এবং f -এব মধ্যে

চিত্র 4ট (ii)

চিত্র হইতে বোঝা যায় যে এই প্রতিবিম্ব f এবং $2f$ -এব মাঝে অবস্থিত। ইহা সদ, উল্টা এবং বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্র। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে ক্যামেরায় কার্যকর করা হয়।

(3) বস্তু লেন্স হইতে $2f$ দূরে অবস্থিত :

4ট (iii) নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে $2f$ দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদ, উল্টা কিন্তু বস্তুর আকারের সমান। এতদুপ



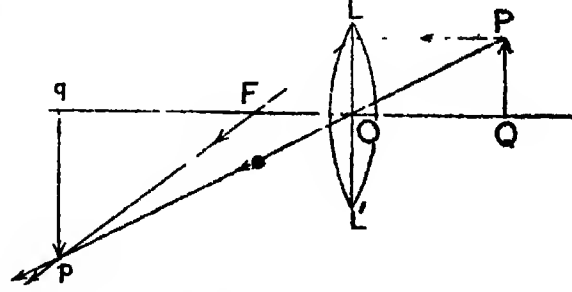
বস্তু-দূরত্ব $2f$; প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $2f$

চিত্র 4ট (iii)

লেন্স ভৌম দূরবীক্ষণ (terrestrial telescope) যন্ত্রে উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া করিবার জন্ত ব্যবহৃত হয়।

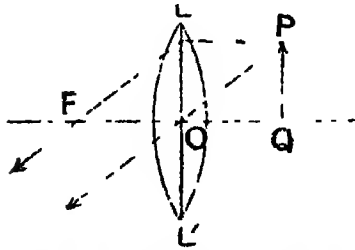
(4) বস্তু লেন্স হইতে f এবং $2f$ এর মাঝে অবস্থিত :

PQ একটি বস্তু [4ট (iv) নং চিত্র]। বস্তুর প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদৃ, উর্দ্ধা কিন্তু বস্তু অপেক্ষা আকাবে বড়। লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ম্যাজিক লর্গন, অণুবীক্ষণ যন্ত্রেব অভিলক্ষ্য বস্তু f এবং $2f$ -এব মধ্যে ; প্রতিবিম্ব $2f$ -এব বেশী দূরে চিত্র 4ট (iv)



(5) বস্তু ফোকাসে অবস্থিত :

4ট (v) নং চিত্রে PQ একটি বস্তু লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। এই অবস্থায় বস্তু হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রাপ্ত হইবে এবং অসীমে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে। এই প্রতিবিম্ব অস্তিত্ব বশিত। যে সমস্ত যন্ত্রে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়াবী কবিতে হয়, সেমন—বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্র (spectrometer) সেখানে উর্দ্ধল লেন্সকে এইভাবে ব্যবহৃত করা হয়।

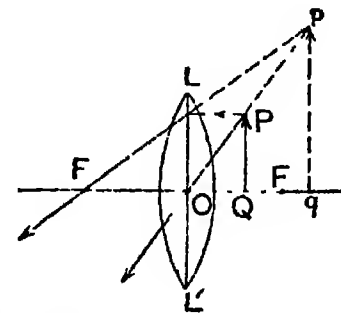


বস্তু ফোকাসতলে ; প্রতিবিম্ব অসীমে,

চিত্র 4ট (v)

(6) বস্তু f ও লেন্সের মধ্যে অবস্থিত :

4ট (vi) নং চিত্রে PQ বস্তু লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে অবস্থিত। এস্থলে P বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর কোথাও মিলিত হয় না। কিন্তু পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে মনে হয় p বিন্দু হইতে আসিতেছে। অতরাং p বিন্দু হইলে P বিন্দুর অসদৃ বিম্ব। pq হইবে সমগ্র অসদৃ বিম্ব। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে, বস্তু যেদিকে এই বিম্ব সেইদিকে

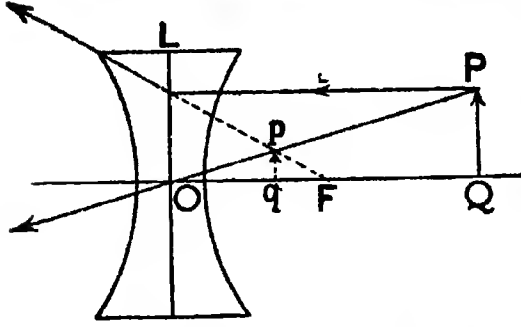


বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে, প্রতিবিম্ব অসদৃ, সোজা ও বৃহত্তর

চিত্র 4ট (vi)

গঠিত হয়, ইহা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা আকারে বড়। লেন্সের এই ব্যবহারকে কার্যকর করিয়া বিবর্ধক কাচ (magnifying glass), অণুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র (eye-piece) তৈয়ারী হয়।

(খ) অবতল লেন্স : এক্ষেত্রে বস্তু যেখানেই অবস্থিত হউক না কেন



অবতল লেন্স সর্বদা অসদবিম্ব গঠন করে
চিত্র 4৪

প্রতিবিম্বের আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে। প্রতিবিম্ব সর্বদা অসদ, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে এবং লেন্সের ফোকাস দূর্বত্বের মধ্যে অবস্থিত হইবে। 4৪ নং চিত্রে অবতল লেন্স কর্তৃক এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।

4-9. চিহ্নের নিয়ম (Convention of sign) :

বিভিন্ন স্থানে বস্তু লইয়া বিভিন্ন প্রতিবিম্ব গঠনের যে আলোচনা পূর্ব অঙ্কে দেওয়া হইল তাহা হইতে দেখা যায় যে প্রতিবিম্ব কখন কখন বস্তু যে-দিকে সেইদিকে হইতেছে—কখন বা বিপরীত দিকে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বিবেচনা করিতে গেলে উহাদের যথোপযুক্ত চিহ্ন (ধনাত্মক বা ঋণাত্মক) দিয়া লইতে হইবে। এই চিহ্ন দিবার নিয়ম নিম্নরূপ :

বস্তু, প্রতিবিম্ব অথবা ফোকাস দূরত্ব মাপিতে গেলে সর্বদা লেন্সের আলোক-কেন্দ্র হইতে মাপিতে হইবে। আলোক-কেন্দ্র হইতে বস্তু, ফোকাস অথবা প্রতিবিম্বের দিকে অগ্রসর হইবার সময় যদি আপতিত আলোকের অভিমুখে বিপরীত দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ধনাত্মক (positive) ধরা হইবে এবং যদি আপতিত আলোকের অভিমুখের দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব ঋণাত্মক (negative) হইবে।

4৮ (a) নং চিত্রে দ্রুত লেন্সের ফোকাস দেখান হইয়াছে। এখানে ফোকাস-দূরত্ব O হইতে F পর্যন্ত। কিন্তু O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোর অভিমুখের দিকে যাইতে হয়। সুতরাং, এই দূরত্ব ঋণাত্মক। কিন্তু অবতল লেন্সের বেলাতে O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীত দিকে যাইতে হয় [4৮ (b) নং চিত্র]। সুতরাং অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব ধনাত্মক।

1934 খ্রিষ্টাব্দে লন্ডনস্থ কিংসিক্যাল সোসাইটি চিহ্নের নিয়ম সম্পর্কে একটি নতুন সুপারিশ করিয়াছেন। এই নতুন নিয়মটি নিম্নরূপ :—

(1) সদ বস্তু, সদ প্রতিবিম্ব বা সদ ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক (+) বলা হইবে।

(2) অসদ বস্তু, অসদ প্রতিবিম্ব বা অসদ ফোকাসের দূরত্বকে ঋণাত্মক (−) বলা হইবে।

এই নতুন নিয়মানুযায়ী উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক ও অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক হয়। এই পুস্তকে পুরাতন নিয়ম ব্যবহার করা হইয়াছে।

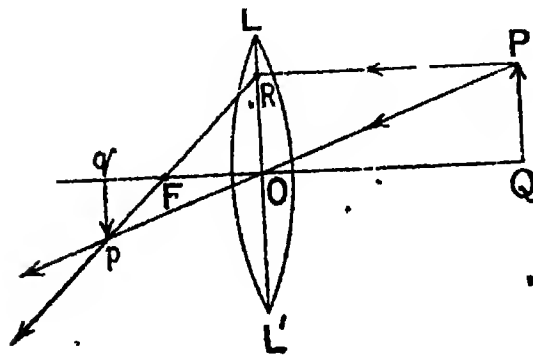
4-10. লেন্সের সাধারণ সূত্র (General formula for lenses) :

লেন্স কোন বস্তুব প্রতিবিম্ব গঠন করিলে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O হইতে বস্তু পর্যন্ত দূরত্বকে বস্তু দূরত্ব (object distance) এবং প্রতিবিম্ব পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (image distance) বলা হয়। সাধারণত বস্তু-দূরত্বকে 'u' অক্ষর দ্বারা, প্রতিবিম্ব দূরত্বকে 'v' অক্ষর দ্বারা এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে 'f' অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়। এই বাণীগুলি পরস্পরের সহিত সম্পর্কযুক্ত এবং এই সম্পর্কে লেন্সের সাধারণ সূত্র বলা হয়। নিম্নবর্ণিত উপায়ে উত্তল এবং অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে সাধারণ সূত্রের প্রতিষ্ঠা করা যায়।

(i) উত্তল লেন্স ও সদ বস্তু :

4ড (a) চিত্র দেখ। LOL' একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অঙ্কচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহা সদ ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

এখন pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কারণে,



চিত্র 4ড (a)

$$pq = RO = PQ$$

$$Fq = OF = OF$$

$$\therefore [\because PQ = RO]$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{Fq}{OF} \dots (1)$$

আবার, qpO এবং QPO

ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{qp}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{qp}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \dots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে

$$\frac{Fq}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

অথবা, $\frac{Oq - OF}{OF} = \frac{Oq}{OQ} \dots (iii)$

4ড (a) চিত্রানুযায়ী, বস্তু দূরত্ব $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $\rightarrow Oq = -v$

ফোকাস-দূরত্ব $\rightarrow OF = -f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{-v - (-f)}{-f} = \frac{-v}{u}$$

অথবা, $\frac{f - v}{-f} = \frac{-v}{u}$

অথবা, $u/f - u/v = -1$

সমীকরণের উভয়দিকই একই বার্ষিক u/v দ্বারা ভাগ করিলে,

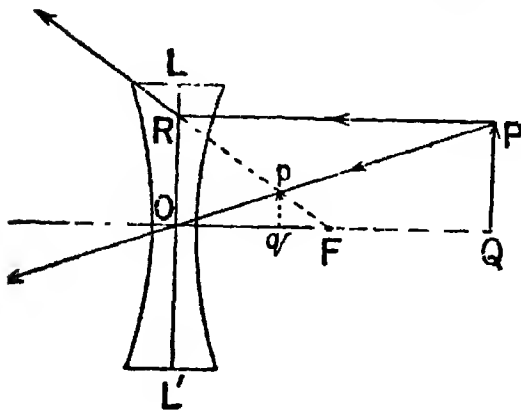
$$\frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{u}$$

অথবা, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

ইহাই হট্টল লেন্সের সাধাবণ সূত্র।

(ii) অবতল লেন্স ও অসদৃশ বিষ :

4ড (b) নং চিত্রে LOL' একটি সন্ধ্যা ও ছোট অবতল লেন্স। PQ



চিত্র 4ড (b)

লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অনুচ্ছেদ বর্ণিত পদ্ধতি অনুসারে প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। এই প্রতিবিম্ব অসদৃশ ও সোজা।

এখন, pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{qF} = \frac{RO}{OF} = \frac{PQ}{OF}$$

$$[\because PQ = RO]$$

$$\frac{pq}{PQ} = \frac{qF}{OF} \quad (i)$$

আবার qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq} = \frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{qF}{OF} = \frac{Oq}{OQ}$$

$$\text{অথবা } \frac{OF - Oq}{OF} = \frac{Oq}{OQ} \quad \dots (iii)$$

4ড (h) চিত্রানুযায়ী, বস্তু-দূরত্ব $\rightarrow OQ = +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $\rightarrow Oq = +v$

ফোকাস-দূরত্ব $\rightarrow OF = +f$

(iii) নং সমীকরণে উক্ত বসতলে আমবা পাই,

$$\frac{f - v}{f} = \frac{v}{u}$$

$$\text{অথবা, } uf - uv = vf$$

সমীকরণের উভয়দিকট একই বাশি uvf দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

$$\text{অথবা } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

4-11. রৈখিক বিবর্ধন (Linear magnification) :

লেন্স দ্বারা বস্তুব যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহা বস্তুব অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর হইতে পারে—অর্থাৎ লেন্সের বিবর্ধক ক্ষমতা (magnifying power) আছে। রৈখিক বিবর্ধন বলিতে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও বস্তু দৈর্ঘ্যের অনুপাত বুঝায়। অর্থাৎ,

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন } (m) = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তু দৈর্ঘ্য}}$$

4ড (a) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

তেমনি, 4ড (b) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

সুতরাং যে-কোন লেন্সের বেলায় রৈখিক বিবর্ধন, $m = \frac{v}{u}$

4ড (a) নং চিত্রে, উত্তল লেন্সের বেলাতে চিত্রের নিয়মানুযায়ী u ধনাত্মক কিন্তু v ঋণাত্মক এবং চিত্রানুযায়ী প্রতিবিম্ব উল্টানো। আবার, 4ড (b) নং চিত্রে অবতল লেন্সের বেলাতে u এবং v উভয়েই ধনাত্মক এবং চিত্রানুযায়ী প্রতিবিম্ব সোজা। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে বিবর্ধন ঋণাত্মক হইলে উল্টানো প্রতিবিম্ব বুঝাইবে এবং ধনাত্মক হইলে সোজা প্রতিবিম্ব বুঝাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি বস্তু কোন উত্তল-লেন্স হইতে যথাক্রমে (a) 50 cm. ও (b) 15 cm. দূরে রাখা হইল। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm. হইলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে? বস্তুর সাইজ 2 cm. হইলে উক্ত প্রতিবিম্বদ্বয়ের সাইজ কত হইবে?

[An object is placed at a distance of (a) 50 cm and (b) 15 cm from a convex lens. If the focal length of the lens is 20 cm, what will be the position of the images? If the object is 2 cm. long, what will be the sizes of the images?]

উ। এখানে $u = +50$ cm., $f = -20$ cm. (উত্তল লেন্স)

(a) আমরা জানি, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

এক্ষেত্রে $\frac{1}{v} - \frac{1}{50} = -\frac{1}{20}$

$\therefore \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{50} = -\frac{3}{100}$

$\therefore v = -\frac{100}{3} = -33.3$ cm.

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব তৈরি হইতে বস্তুর বিপরীত দিকে (ঋণাত্মক চিত্রের জন্য) 33.3 cm. দূরে অবস্থিত।

এক্ষেত্রে বিবর্ধন $m = \frac{v}{u} = \frac{-33.3}{50} = -\frac{2}{3}$

\therefore প্রতিবিম্বের সাইজ = বস্তুর সাইজ \times বিবর্ধন
 $= 2 \times \frac{2}{3} = 1.33$ cm.



(b) এক্ষেত্রে $u = +15 \text{ cm.}$; $f = -20 \text{ cm.}$

লেন্সের সাধারণ সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{15} = \frac{1}{60}$$

$$\therefore v = +60 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, বস্তু যেদিকে প্রতিবিম্ব লেন্সের সেইদিকে (খনাত্মক চিহ্নের জ্ঞান)
60 cm. দূরে অবস্থিত।

$$\text{এক্ষেত্রে বিবর্ধন, } m = \frac{v}{u} = \frac{60}{15} = 4$$

$$\therefore \text{প্রতিবিম্বের সাইজ} = \text{বস্তুর সাইজ} \times \text{বিবর্ধন} \\ = 2 \times 4 = 8 \text{ cm.}$$

(2) একটি বিন্দু প্রভাবকে লেন্স হইতে 30 cm. দূরে রাখিলে বস্তুর
বিপরীত দিকে এবং লেন্স হইতে 10 cm. দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সটি
কি ধরনের? উহার ফোকাস-দূরত্ব কত?

[When a point source is placed 30 cm. away from a lens, an image is formed on the other side of the lens and 10 cm. from it. What kind of lens is it? What is its focal length?]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব বস্তুর বিপরীত দিকে হইতেছে কাজেই প্রতিবিম্ব
সদৃ এবং লেন্স উত্তল। কারণ উত্তল লেন্স ছাড়া অবতল লেন্স কখনও সদৃ
বিম্ব গঠন করিতে পারে না।

$$\text{এস্থলে } u = 30 \text{ cm.}, v = -10 \text{ cm. (সদৃ বিম্ব)}, f = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore -\frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or, } -\frac{4}{30} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{30}{4} = -7.5 \text{ cm.}$$

(3) একটি 5 cm. দীর্ঘ বস্তু উত্তল লেন্সের সম্মুখে খাড়া করা হইল। উহার 25 cm. দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 100 cm. দূরে অবস্থিত একখানি পর্দার উপর গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object 5 cm. high is placed perpendicularly in front of a convex lens. An image 25 cm. high is formed on a screen 100 cm. away from the lens. Calculate the focal length of the lens.]

উ। এস্থলে বিবর্ধন $m = \frac{25}{5} = 5$

কিন্তু $m = \frac{v}{u} = 5$, or, $v = 5u$

আবার, $v = 100$ cm. $\therefore u = 20$ cm.

এখন, প্রতিবিম্ব সদৃশ হয় (পর্দায় পড়িতেছে বলিয়া) উহার দূরত্ব ঋণাত্মক। সুতরাং এক্ষেত্রে $v = -100$ cm, $u = 20$ cm ; $f = ?$

লেন্সের সূত্র হইতে $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

or, $-\frac{1}{100} - \frac{1}{20} = \frac{1}{f}$ or, $-\frac{6}{100} = \frac{1}{f}$

$\therefore f = -\frac{100}{6} = -\frac{50}{3} = -16\frac{2}{3}$ cm.

(4) 10 cm. ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে একটি বস্তু আছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি হইবে? প্রতিবিম্বের বিবর্ধন কি হইবে?

[An object is placed 30 cm. in front of a convex lens of focal length 10 cm. Where will be the image formed? State the nature of the image. How many times is the image magnified or diminished?] [H. S. Exam., 1961]

উ। এক্ষেত্রে, $u = +30$ cm., $f = -10$ cm. (লেন্স উত্তল বলিয়া), $v = ?$

আমরা জানি, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

অতএব, $\frac{1}{v} - \frac{1}{30} = -\frac{1}{10}$

or, $\frac{1}{v} = \frac{1}{30} - \frac{1}{10} = -\frac{2}{30} = -\frac{1}{15}$

$\therefore v = -15$ cm.

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 15 cm. দূরে হইবে। অপর পার্শ্বে হওয়ার দরুন প্রতিবিম্ব সদৃ এবং উল্টা।

$$\text{এখন, বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুর দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হইবে।

(5) একটি লেন্স হইতে 50 cm. দূরে বস্তু রাখিলে লেন্সের অপর পার্শ্বে 200 cm. দূরে উহার প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্স হইতে বস্তুকে 10 cm. দূরে সবাইয়া লইলে প্রতিবিম্বের কত সরণ হইবে নির্ণয় কর।

[It is found that when an object is placed 50 cm. in front of a lens, the image is formed 200 cm. on the other side of it. Find the displacement of the image if the object is moved 10 cm. away from the lens.]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে গঠিত হইতেছে সেই হেতু বোঝা যাইতেছে যে লেন্সটি উত্তল।

$$\text{এখন, আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{ক্ষেত্রে, } v = -200 \text{ cm. , } u = +50 \text{ cm.}$$

$$\text{কাজেই, } -\frac{1}{200} - \frac{1}{50} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } -\frac{5}{200} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore f = -\frac{200}{5} \text{ cm.} = -40 \text{ cm.}$$

ফোকাস-দৈর্ঘ্য ঋণাত্মক হওয়ায় লেন্সটি যে উত্তল ভ্রাতা সম্বন্ধিত হইতেছে।

$$\text{এখন, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, } u = +60 \text{ cm. } f = -40 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} - \frac{1}{60} = -\frac{1}{40}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{60} - \frac{1}{40} = -\frac{1}{120}$$

$$\therefore v = -120 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ এইবার প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 120 cm. দূরে গঠিত হইবে অতএব প্রতিবিম্ব লেন্সের দিকে $(200 - 120) = 80 \text{ cm.}$ সরিয়া যাইবে।

(6) 20 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যের দুইটি উত্তল লেন্স পরস্পর হইতে 10 cm. দূরে বসানো আছে। উহাদের উভয়েরই অক্ষ এক। 5 cm. উচ্চ একটি বস্তু প্রথম লেন্সের সম্মুখে 15 cm. দূরে অক্ষের উপর লম্বভাবে বসানো আছে। চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Two convex lenses of focal length 20 cm. each are situated 10 cm. apart and have a common axis. An object 5 cm. in height is placed on the axis at a distance of 15 cm. in front of the first lens. Find the size and position of the final image.]

উ। এক্ষেত্রে, প্রথম লেন্সটি বস্তু প্রতিবিম্ব কোথায় গঠন করিতেছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে, কারণ ঐ প্রতিবিম্বই দ্বিতীয় লেন্সের নিকট-বস্তু হিসাবে কার্য করিবে।

$$\text{এখন, আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{প্রথম লেন্সের বেলাতে, } u = 15 \text{ cm. , } f = -20 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{অতএব, } \frac{1}{v} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{1}{60}$$

$$\therefore v = +60 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ প্রথম লেন্সের যে-পাশে বস্তু সেই পাশেই প্রতিবিম্ব গঠিত হইতেছে (প্রতিবিম্ব দৃবত্ব ধনাত্মক বলিয়া) এবং লেন্স হইতে 60 cm দূরে অবস্থিত হইতেছে। কিন্তু লেন্স দুইটির ভিতর দূরত্ব 10 cm. হওয়ায় দ্বিতীয় লেন্স হইতে এই প্রতিবিম্বের দূরত্ব হইবে $(60 + 10) = 70 \text{ cm.}$; এই প্রতিবিম্ব-দূরত্ব হইবে দ্বিতীয় লেন্সের নিকট-বস্তু দূরত্ব। অর্থাৎ দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে,

$$u = 70 \text{ cm. ; } f = -20 \text{ cm. , } v = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} - \frac{1}{70} = -\frac{1}{20}$$

$$\text{or } \frac{1}{v} = \frac{1}{70} - \frac{1}{20} = -\frac{5}{140} = -\frac{1}{28}$$

$$\therefore v = -28 \text{ cm.}$$

. অর্থাৎ চূড়ান্ত প্রতিবিম্ব দ্বিতীয় লেন্সের ডানদিকে (বস্তু যে-দিকে আছে তাহার বিপরীত দিকে) 28 cm. দূরে গঠিত হইবে। এই প্রতিবিম্ব সদৃশ এবং উল্টা।

$$\text{এখন, প্রথম লেন্স কর্তৃক সৃষ্ট বিবর্ধন} = \frac{v}{u} = \frac{60}{15} = 4$$

$$\text{এবং দ্বিতীয় " " " " " } = \frac{v}{u} = \frac{28}{70} = \frac{2}{5}$$

$$\text{সুতরাং মোট বিবর্ধন} = 4 \times \frac{2}{5} = \frac{8}{5}$$

$$\text{অতএব চূড়ান্ত প্রতিবিম্বের সাইজ} = \text{বস্তুর সাইজ} \times \text{মোট বিবর্ধন}$$

$$= 5 \times \frac{8}{5} = 8 \text{ cm.}$$

4-12. লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় (Determination of the position and nature of different images due to different positions of the object by the general equation of the lens):

বস্তু বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি কিরূপে জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করা যায় তাহা 4-8 অঙ্কচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে। লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে গাণিতিক উপায়েও আমরা প্রতিবিম্বের বিভিন্ন অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি নির্ণয় করিতে পারি। প্রথমে আমরা উত্তল লেন্সের কথা আলোচনা করিব।

(1) বস্তু অসীমে অবস্থিত (Object at infinity) :

$$\text{এক্ষেপে, } u = \infty, \text{ এবং } \frac{1}{u} = 0$$

∴ সাধারণ সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f} \quad (\text{লেন্স উত্তল হওয়ায়, } f \text{ ঋণাত্মক})$$

$$\text{অথবা, } 1 - \frac{1}{f}$$

$$\text{" } v = -f$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস-তলে অবস্থিত, ঋণাত্মক চিহ্ন সূচনা করে যে প্রতিবিম্ব লেন্সের বিপরীত দিকে গঠিত হইবে—অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সদৃশ।

তাছাড়া, 'v' এর তুলনায় 'u' অতি বৃহৎ বলিয়া বিবর্ধন $\left(m = \frac{v}{u}\right)$ অতি সামান্য ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অতি ক্ষুদ্র হইবে।

(2 & 3) বস্তু '2f' দূরত্বে অথবা '2f' অপেক্ষা বেশী দূরে :

$$u = 2f, \text{ হইলে } \frac{1}{u} = \frac{1}{2f}$$

$$\text{এখন } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{1}{2f} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{2f}$$

$$\therefore v = -2f.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব 2f দূরে গঠিত হইবে এবং লেন্সের অপর পার্শ্বে অবস্থিত হইবে অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব সদৃশ হইবে।

$$\text{আবাহ, বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{2f}{2f} = 1$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ও বস্তু সমান আকারের হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম হইতে 2f দূরে আনিলে প্রতিবিম্ব 'f' হইতে 2f দূরে সরিয়া যায়। অসীম এবং 2f দূরত্বের মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে সহজেই বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব 'f' এবং '2f'-এর মাঝামাঝি কোথাও হইবে। যেহেতু 'u' অপেক্ষা 'v' ছোট, সেহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

(4 & 5) বস্তু ফোকাস তলে অথবা 'f' এবং '2f' এর মাঝে :

$$u = f, \text{ হইলে } \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{f} - \frac{1}{f}$$

$$\therefore v = \infty.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসীমে গঠিত হইবে। যেহেতু, 'u' অপেক্ষা 'v' অতি বৃহৎ সেহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা বহুগুণ বৃহৎ হইবে।

দেখা যাইতেছে যে বস্তুকে $2f$ হইতে সরাইয়া ' f ' দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে অসীমে চলিয়া গেল। কাজেই, ' $2f$ ' এবং ' f ' এর মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্ব $2f$ এবং অসীমের ভিতর কোথাও গঠিত হইবে। এক্ষেত্রে ' u ' অপেক্ষা ' v ' বড় বলিয়া প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

(6) বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে (Object is within ' f ')

$$\text{এক্ষেত্রে } u < f \text{ অর্থাৎ, } \frac{1}{u} > \frac{1}{f}$$

$$\text{এখন আমরা জানি } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \text{ঋণাত্মক বাশি}$$

' v ' ঋণাত্মক হওয়ায় প্রতিবিম্ব ও বস্তু লেন্সের একই দিকে অবস্থিত হইবে, অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসদৃশ হইবে।

$$\text{আবার, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{f - u}{uf}$$

$$\text{যেহেতু } f > u, \text{ বরং, } f = u + \delta$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{u + \delta - u}{(u + \delta)u} = \frac{\delta}{u^2 + u\delta}$$

$$\therefore v = u + \frac{u^2}{\delta}$$

$$= u + \text{ঋণাত্মক বাশি}$$

অর্থাৎ ' v ' u , সুতরাং প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

অবতল লেন্স (Concave lens) :

অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য ঋণাত্মক হওয়ায় লেন্সের সাধারণ সূত্র অপরিবর্তিত থাকিবে।

$$\therefore \text{অর্থাৎ, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$$

কাজেই, বস্তু যেখানেই থাকুক না কেন, ' v ' সবদা ঋণাত্মক, অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সবদা অসদৃশ।

এখন, $u = f$ হইলে,

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} \therefore v = \frac{f}{2}$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে ফোকাস দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দূরত্বে গঠিত হইবে।

আবার, $u = \infty$ হইলে, $\frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ $\therefore v = f$ অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম দূরত্বে সরাইয়া ফোকাস-দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব সর্বদা f এবং $\frac{f}{2}$ দূরত্বে মন্যে অবস্থিত থাকিবে। 'v' সর্বদা 'u' অপেক্ষা ছোট হওয়ায় অবতল লেন্স সব সময় ক্ষুদ্রতর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

যখন বস্তু লেন্সের খুব কাছে তখন, $u \approx 0$ অর্থাৎ $\frac{1}{u} \approx \infty$

$$\text{এখন, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f} \approx \infty + \frac{1}{f} \approx \infty$$

$$\therefore v = 0$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্সের খুব কাছে গঠিত হইবে।

4-13. অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় (Conjugate pair of foci):

আলোক-বিশিষ্ট পথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible) বলিয়া একটি লেন্স উভাব অক্ষস্থিত কোন বস্তুবিন্দু প্রতিবিম্ব গঠন করিলে ঐ বস্তুবিন্দু ও উভাব প্রতিবিম্ব উভয়েই অবস্থানেই অদলান দল করা যায়। অর্থাৎ লেন্স বস্তুবিন্দু প্রতিবিম্ব গঠন করিলে যিহে স্থানে বস্তু বাণিলে বস্তু পূর্বের অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। কিন্তু বিপরীত হইলে একপ হইবে না। তখন আপতিত বস্তুগুলিকে এমনভাবে পাঠাইতে হইবে যেন লেন্সের অবতমানে অসদ্বিহেব স্থানে উভাবা একত্রিত হইতে চেষ্টা কবে, তাহা হইলে লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার পর স্বব পূর্বের অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

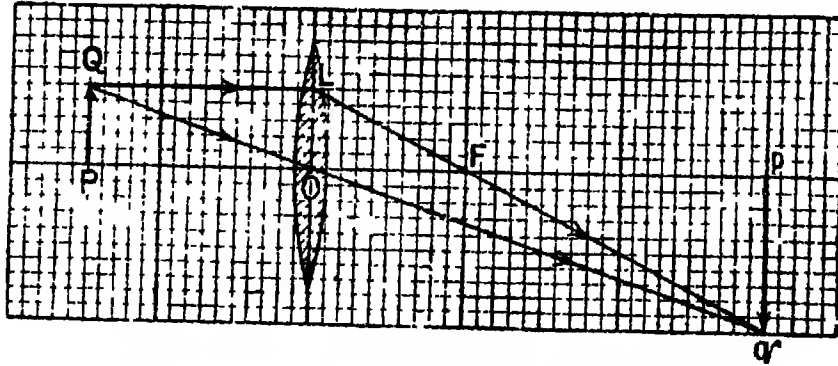
অক্ষস্থিত বস্তুবিন্দু ও উভাব প্রতিবিহেব অবস্থানেই এই পারস্পরিক বিনিময় সম্ভব বলিয়া উভাবের অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় বলা হয়। আমবা জানি যে বস্তু-দূরত্ব (u) এবং প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (v) একটি সূত্রদ্বারা আবদ্ধ। সূত্রটি হইল $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$, এই সূত্রটিকে মাঝে মাঝে অনুবন্ধী সম্পর্ক (conjugate relationship) বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

4-14. ছক কাগজের সাহায্যে লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধান (Solution of simple problems in connection with lenses by squared paper) :

লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধানের একটি সহজ উপায় হইতেছে ছক কাগজ। বিশেষত গাণিতিক উপায়ে সমাধানের পর প্রাপ্ত ফলের নিতুলতা পরীক্ষার ইহা একটি প্রকৃষ্ট পন্থা। নিম্নলিখিত দুইটি উদাহরণ হইতে এই পদ্ধতি পরিষ্কার বোঝা যাইবে।

(i) সদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যা :

মনে কব, একটি উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. এবং উহার বস্তুধে 15 cm. দূরে একটি বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় কবিত হইবে।



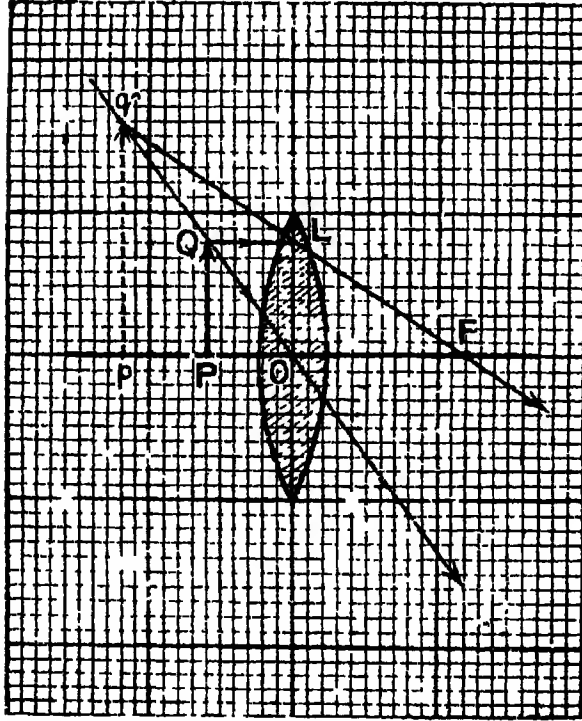
ছক কাগজের সাহায্যে সদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4c (a)

4c (a) নং চিত্র দেখ। ছক কাগজে LO উত্তল লেন্স আঁকা হইয়াছে। ছক কাগজের এক একটি ক্ষুদ্রভাগকে 1 cm-এর সমান পরিমানে ফোকাস-বিন্দু F লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O বিন্দু হইতে 10 ভাগ দূরে হইবে। OF=10 ভাগ কবিয়া F বিন্দু চিহ্নিত কর। বস্তু লেন্স হইতে 15 cm. দূরে। সুতরাং OP=15 ভাগ করিয়া P বিন্দু চিহ্নিত কর এবং বস্তুর দৈর্ঘ্য 5 ঘবের সমান করিয়া PQ বস্তু আঁক। সুতবাং বস্তুর উচ্চতা 5 cm. ধরা হইল। বস্তু, আলোক-কেন্দ্র ও ফোকাস নির্দিষ্ট হইবার পর 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত কর। চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব pq (i) সদ্ব (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে 30 ঘব অর্থাৎ 30 cm. দূরে, (iii) উচ্চতায় 10 ঘব অর্থাৎ 10 cm.

(ii) অসদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যা :

মনে কর, একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 6 cm. এবং উহার সম্মুখে 3 cm. দূরে একটি 4 cm. উচ্চ বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর ঠাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



ছক কাগজের সাহায্যে অসদ্বিশ্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4b (b)

অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কন করিতে হইবে। 4b (b) নং চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব (i) অসদ্বিশ্ব (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে উহা 12 ঘর অর্থাৎ 6 cm দূরে এবং (iii) উহার উচ্চতা 16 ঘর অর্থাৎ 8 cm.

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী উপরোক্ত সমস্যা দুইটির সমাধান করিলে একই ফল পাওয়া যাইবে, বলা বাহুল্য যে অবতল লেন্সের সমস্যাও উপরোক্ত পদ্ধতিতে সমাধান করা যায়।

[**দ্রষ্টব্য :** ছক-কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগের মান অল্পভূমিক এবং উল্লম্ব দিকে একই লইতে হইবে, ইহার কোন অর্থ নাই ; আলাদা লওয়া যাইতে পারে। তবে মান উভয় দিকে সমান হইলে অঙ্কনের সুবিধা হয়।]

4b (b) নং চিত্রে O

হইল উত্তল লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। এক্ষেত্রে ছক কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগকে 0.5 cm-এবং সমান ধরা হইয়াছে। সুতরাং $OF = 12$ ঘর = 6 cm. করিয়া লইলে F হইবে লেন্সের ফোকাস-বিন্দু। তেমনি $OP = 6$ ঘর = 3 cm করিলে এবং $PQ = 8$ ঘর = 4 cm. করিলে বস্তুর অবস্থান এবং উচ্চতা নির্দিষ্ট হইবে। অতঃপর 4-7

4-15. লেন্সের ক্ষমতা (Power of a lens) :

মনে কর, দুইটি লেন্স আছে। একটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কম এবং দ্বিতীয়টির অপেক্ষাকৃত বেশী। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া আলাদাভাবে লেন্স দুইটির উপর আপতিত হয়, তবে উহারা লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইবে। প্রথম লেন্সটির বেলাতে ঐ বিন্দু লেন্সের ষত কাছে হইবে দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে তাহা হইবে না। এক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রথম লেন্সটির ক্ষমতা দ্বিতীয় লেন্স অপেক্ষা বেশী। সুতরাং উত্তল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্সের কত কাছে একত্রিত করিতে পারে।

ঠিক অনুরূপ ভাবে অবতল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশী অপসৃত করিয়া দিতে পারে।

লেন্সের ক্ষমতা ষত বেশী হইবে অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্স ষত বেশী অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত করিবে তত উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হইবে। সুতরাং ক্ষমতা বৃদ্ধি পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়, আবার ক্ষমতা হ্রাস পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কাৰণে লেন্সের ক্ষমতা 'P' এবং ফোকাস-দৈর্ঘ্য 'f' হইলে, $P = \frac{1}{f}$

যে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 100 cm. উহার ক্ষমতাকে ক্ষমতার একক ধরা হয়। এই এককের নাম 'ডায়পট্র' (diopre)। উত্তল লেন্সের ক্ষমতাকে ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ক্ষমতাকে ঋণাত্মক গণ্য করা হয়।

যে উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 25 cm. উহার ক্ষমতা = $+\frac{1}{25/100} = +4$

diopres। যে লেন্সের ক্ষমতা 2 diopres, উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য =

$$-\frac{100}{2} = 50 \text{ cm.}$$

4-16. সহজে লেন্স চিনিবার পদ্ধতি (Simple method of identification of lenses) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন বস্তুকে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বে বসে অর্থাৎ খুব কাছে রাখিলে উদ্ভাবিত ও বিবর্তিত (magnified) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স উত্তল হয় এবং অসঙ্গত ও ক্ষুদ্রতর (diminished) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স অবতল হয়। কাজেই সহজ উপায়ে লেন্স চিনিতে হইলে লেন্সের সন্নিকটে একটি আঙ্গুল রাখি এবং দৃষ্টি উদ্ভাবিত প্রতিবিম্ব দেখি। যদি প্রতিবিম্ব আঁকাবে বড় হয় তাহা হইলে লেন্স উত্তল। আর যদি প্রতিবিম্ব আঁকাবে ছোট হয় তাহা হইলে লেন্স অবতল।

4-17. UV পদ্ধতিতে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় (Determination of the focal length of a convex lens by U-V method) :

(i) শিখা ও পর্দার সাহায্যে :

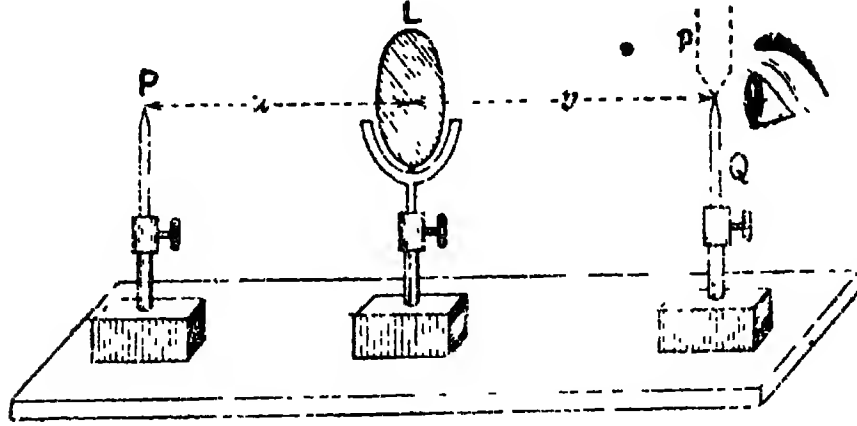
একটা চিহ্ন যেমন দেখানো হইয়াছে ইচ্ছা করিয়া একটি মোমবাতি ও কাগজের পর্দার মাঝখানে একটি উত্তল লেন্স রাখ। মোমবাতির শিখাটির উচ্চতা এমন করিয়া উচিত যেন উদ্ভাবিত লেন্সের অক্ষের উপর থাকে। উত্তল লেন্সটিকে অগ্র-পশ্চাৎ সরাসরি যাহাতে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়ে।

এখানে শিখা হইতে লেন্সের দূরত্বকে u এবং পর্দা হইতে এবং লেন্স হইতে কাগজের পর্দা পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বা v বলা হইবে। এই দুই দূরত্বকে স্কেল দ্বারা মাপ। সুতরাং u এবং v জানা থাকিলে $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ সমীকরণ হইতে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় করা যাইবে। এখানে একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে যে প্রতিবিম্ব সঙ্গত হয় f অপেক্ষায়। কাজেই সমীকরণে f -এর মান বসাইবার সময় ঋণাত্মক চিহ্নসহ বসাইয়া হিসাব করিতে হইবে।

শিখার দূরত্ব বদলাইয়া একরূপ কয়েকবার পরীক্ষার পর f -এর গড় বাস্তব করিলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব পাওয়া যাইবে।

(ii) পিন দ্বারা (By pins) :

একটি লেন্স-ধারক (lens holder)-এ একখানি উত্তল লেন্স L আটকাইয়া টেবিলের উপর রাখ। লেন্সটির প্রধান অক্ষের (চিত্রে কাটা লাইন দ্বারা



পিনের সাহায্যে উত্তল লেন্সের ফোকাস নির্ণয়

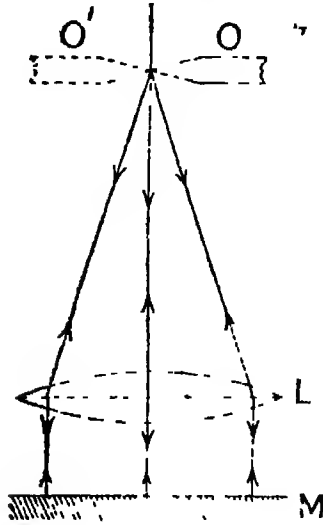
চিত্র 4 :

পদাংশিত) সহিত নিম্নোক্তরূপে একটি পিন P লেন্সটির বামদিকে রাখ। ডান দিক হইতে লেন্সটির ভিতর দিয়া P-পিন লেন্স কাগজে উল্লম্ব একটি উল্লম্ব প্রতিবিম্ব p দেখা যাইবে (৪তম চিত্র)। এখন আর একটি পিন Q লেন্সের ডান দিকে এমনভাবে রাখ যে Q-এর অগ্রভাগ এবং উল্লম্ব প্রতিবিম্ব p এর অগ্রভাগের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম (parallax) না থাকে। অর্থাৎ, চোখ একটু এদিক-ওদিক নাড়াইলে উল্লম্ব একই সঙ্গে একই দিকে নড়াচড়া করিবে। এই অবস্থায় P-পিনকে দূর এবং Q-পিনকে প্রতিবিম্ব বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। লেন্স হইতে P-পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা ' u ' হইবে এবং Q পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা ' v ' হইবে। অতঃপর $\frac{1}{u} - \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ এই সমীকরণের সাহায্যে (f -কে স্বাভাবিক দূরত্ব) f -এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

লেন্স অথবা P-পিনকে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিয়া উপরোক্ত পৰীক্ষা তিন-চার বার করিলে এবং উহা হইতে গড় ' f ' নির্ণয় করিলে উহা লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বুঝাইবে।

4-18. সমতল দর্পণের সাহায্যে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় (Determination of the focal length of a convex lens by a plane mirror) :

কোন উত্তল লেন্স (L) ফোকাস-বিন্দুতে যদি একটি বস্তু-বিন্দু (O) রাখা হয় তবে উক্ত বস্তু-বিন্দু হইতে রশ্মি নিগত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিফলিত হইবার



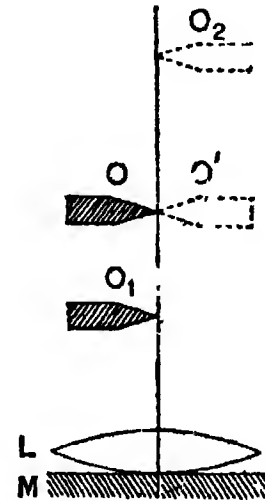
চিত্র 4থ

পর রশ্মিগুলি লেন্সের অক্ষের সমান্তরাল ভাবে চলিয়া যায় (4থ নং চিত্র)। এখন লেন্সের পশ্চাতে একখানি সমতল দর্পণ (M) যদি এমনভাবে রাখা হয় যে উহার তল লেন্সের অক্ষের সহিত সমকোণ করে, তবে সমান্তরাল রশ্মিগুলি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হইবে এবং একই পথে সমান্তরাল রশ্মিরূপে প্রত্যাবর্তন করিবে। এই রশ্মিগুলি অতঃপর লেন্স কর্তৃক ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইয়া বস্তু-বিন্দুর স্থানে প্রতিবিম্ব (O') গঠন করিবে। এই নীতির উপর ভিত্তি

করিয়া উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

অন্তর্ভুক্তিক ভাবে রক্ষিত একটি সমতল দর্পণের উপর উত্তল লেন্সটি রাখ :

একটি তীক্ষ্ণাগ্র পিনকে অবলম্বনেব সাহায্যে আটকাইয়া এমনভাবে বসান যে পিনের অগ্রভাগ লেন্সের অক্ষের উপর থাকে এবং লেন্স হইতে কিছু উপরে অবস্থান করে (4দ নং চিত্র)। উপর হইতে দৃষ্টিপাত করিলে পিনের অগ্রভাগ এবং উহার প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। যদি পিনের অগ্রভাগ O_1 অবস্থানে থাকে তবে একটি সদৃশ এবং উল্টা প্রতিবিম্ব O_2 অবস্থানে দেখা যাইবে। এখন পিনটি উঠা-নামা করাইয়া এমন অবস্থানে রাখ যাহাতে উহা এবং উহার প্রতিবিম্ব পরস্পর স্পর্শ করে এবং উহাদের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম না থাকে (যেমন O এবং O' অবস্থান)। এখন লেন্স হইতে পিনের অগ্রভাগ পর্যন্ত দূরত্ব একটি স্কেলের সাহায্যে মাপ। ইহাই হইবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব।



চিত্র 4দ

সারংশ

ছইটি গোলায় বা একটি গোলায় ও একটি সমতল তলদ্বারা সীমাবদ্ধ বস্তু প্রতিসারক মাধ্যমের অংশবিশেষকে লেঙ্গ বলে।

লেঙ্গ প্রধানত দুই প্রকার : (1) উত্তল বা অভিসারী, (2) অবতল বা অপসারী। তাছাড়া লেঙ্গের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া উত্তল বা অবতল গোষ্ঠীর নানাপ্রকার লেঙ্গ তৈয়ারী করা যায়।

বস্তু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেঙ্গ কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে সদ বা অসদ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

$$\text{প্রতিবিম্বের বিবর্ধন} = \frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তুর দৈর্ঘ্য}}$$

বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন :

বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের আকার	প্রতিবিম্বের প্রকৃতি	মন্তব্য
উত্তল লেঙ্গ :				
(1) অসীমে	ফোকাস তলে	খুব ক্ষুদ্র	সদ ও উল্টা	প্রতিবিম্ব দেখা যায় ও পর্দায় ফেলা যায়
(2) $2f$ অপেক্ষা বেশী দূরে	f এবং $2f$ এর ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	" "	" "
(3) $2f$ দূরে	$2f$ দূরে	সমান	" "	" "
(4) f এবং $2f$ এর ভিতরে	$2f$ অপেক্ষা দূরে	বৃহত্তর	" "	" "
(5) ফোকাসে	অসীমে	খুব বৃহৎ	" "	প্রতিবিম্ব দেখা যায় না বা পর্দায় ফেলা যায় না
(6) ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	বস্তুর দিকে	বৃহত্তর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়
অবতল লেঙ্গ :				
যে-কোন স্থানে	ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়

প্রশ্নাবলী

1. লেন্স কীভাবে বলে? উত্তল ও অবতল লেন্সের ভিত্তি তফাৎ কি? চিত্রদ্বারা বুঝাইয়া দাও কেন উক্তদের যথাক্রমে অভিসারী ও অপসারী লেন্স বলে।

[What is a lens? What is the difference between a convex and a concave lens? Explain, with the aid of diagrams, why they are called converging and diverging lenses respectively.] [H. S. Exam. 1964]

2. নিম্নলিখিত শব্দগুলির সংজ্ঞা বুঝাইয়া লেখ :—(ক) বক্রতা-কেন্দ্র (খ) আলোক-কেন্দ্র, (গ) ফোকাস, (ঘ) ফোকাস-দূরত্ব, (ঙ) উল্লম্ব।

[Explain the following terms :—(a) Centre of curvature (b) Optical centre (c) Principal focus (d) Focal length (e) Aperture] [H. S. Exam. 1961, '65]

3. পবিদ্ধার চবি অঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কীকাল উত্তল লেন্স সদ প্রতিবিম্ব ও অবতল লেন্স অসদ প্রতিবিম্ব গঠন করে।

[Draw neat diagrams to show how a convergent lens form a real image and a divergent lens a virtual image] [cf. H. S. Exam. 1966]

4. সদ ও অসদ প্রতিবিম্ব গঠনের পার্থক্য কি? চবি অঁকিয়া দেখাও কীকালে উত্তল লেন্স বোঁদ বস্তু (i) অসদ ও (ii) সদবিম্ব গঠন করে।

[Distinguish between a real and a virtual image. Show only by diagram how a convex lens can be made to give (i) a virtual, (ii) a real image of an object] [H. S. (comp) 1961, '64, '65]

5. কোন কোন ক্ষেত্রে অবতল লেন্সের তথাক্রমে উত্তল লেন্সের তথাক্রমে চিত্র সজাবার প্রয়োজন পড়ে? চিত্র সজাবার প্রয়োজন উক্ত ক্ষেত্রে কীভাবে পূরণ করা যায়? চিত্র সজাবার প্রয়োজন উক্ত ক্ষেত্রে ব্যাখ্যা কর।

[What properties of a lens are utilised to find the position of the image of an extended object placed on the principal axis of a lens? Draw a diagram to illustrate your answer.] [H. S. (comp) 1965]

6. নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি পাঠিতে হলে কোন ধরনের লেন্স ব্যবহার করিতে এবং বস্তুকে কীভাবে নিদর্শন করে :—(ক) বিবর্নিত সদ প্রতিবিম্ব (খ) বিবর্নিত অসদ প্রতিবিম্ব (গ) সূক্ষ্মতর সদ প্রতিবিম্ব (ঘ) সূক্ষ্মতর অসদ প্রতিবিম্ব (ঙ) সমান আকারের সদ প্রতিবিম্ব। প্রত্যেক ক্ষেত্রে পূর্ণ চিত্র অঁক।

[What kind of lens would you use and where the object is to be placed in order to get (a) a magnified real image (b) a magnified virtual image (c) a reduced real image (d) a reduced virtual image (e) a real image of same size.]

[Draw neat diagram in each case]

7. ভৌমিক বস্তু উত্তল উত্তল এবং অবতল লেন্স দ্বারা বোঁদ বস্তু (সেই) প্রতিবিম্ব গঠন করিতে উক্ত লেন্স কীভাবে ব্যবহার নিদর্শন করে এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে চবি অঁকিয়া প্রতিবিম্ব গঠন বুঝাইয়া দাও।

[You are asked to form an erect image of an object with the help of a convex and a concave lens. Mention the positions of the object and explain the formation of the images in each case with the aid of diagrams.]

৪. একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও। প্রত্যেক অবস্থানেই বাস্তবায়িক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[Explain, with the help of neatly drawn diagrams, the changes in the position, nature and size of the image of an object when the object is placed at different distances from a convex lens. Mention the practical application in each case]
[cf. H. S. Room, 1960]

৭. একটি বস্তুকে উত্তল-লেন্সের বস্তুদূরত্ব ২৫ সে.মি. হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[Deduce a relation between the object distance, the image distance and the focal length of a lens]
[H. S. Room, 1966, (comp) 1962]

১০. ২৫ cm. দূরত্বে একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে ৫০ cm. দূরত্বে রাখিলে (i) ২৫ cm. দূরত্বে (ii) ২০ cm. দূরত্বে (iii) ১৫ cm. দূরত্বে (iv) ১০ cm. দূরত্বে (v) ৫ cm. দূরত্বে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[An object ২৫ cm. long, is placed at a distance of ৫০ cm. and ১০ cm. respectively from a concave lens of focal length ২০ cm. Find the position and height of the images in the two cases.]

[Ans. (i) ১৫ cm., (ii) ৫৫ cm., (iii) ১৫ cm., (iv) ১৫ cm.]

১১. ১ inch উচ্চ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে ২০ inches দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[Find the position, nature and size of the image of an object, ১ inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens.]
[H. S. Room, 1960]

[Ans. Twice the focal length, real, 1"]

১২. একটি বস্তু কোন লেন্স হইতে ২০ inches দূরত্বে রাখিলে উহার একটি আদর্শ চিত্রিত্বী হইবে। প্রতিবিম্বের মাপজোজন কত হইবে? একটি উত্তল লেন্স হইতে ২০ inches দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[A virtual image is produced by a lens when an object is placed ২০ inches from the lens. The size of the image is ২ times that of the object. Determine the position of the image, the nature and focal length of the lens.]

[Ans. ১০" , concave ; ৪০"]

১৪. একটি বস্তু একটি উত্তল লেন্স হইতে ১৫ cm. দূরত্বে রাখিলে তাহার একটি আদর্শ চিত্রিত্বী হইবে। প্রতিবিম্বের মাপজোজন কত হইবে? একটি উত্তল লেন্স হইতে ১৫ cm. দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও মাপজোজন কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা দুই আঁকিয়া দেখাইয়া দাও।

[A convex lens forms a real image of double the size than the object when the object is placed 15 cm. from the lens. How far the object is to be placed so that a virtual image of double the size may be produced by the same lens ?
(Ans. 5 cm.)

14. (i) 4 cm উচ্চ একটি বস্তুকে 20 cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স হইতে 100 cm. দূর লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা কত হইবে ?

[An object, 4 cm long, is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ?]

[H. S. (comp) 1960] (Ans. 25 cm. অদ্, 1 cm.)

(ii) 20 cm ফোকাস দৈর্ঘ্যের উত্তল লেন্সের সম্মুখে কেতখা একটি বস্তু রাখিলে বস্তুটির আকাবের তিনগুণ সঙ্গত বৈশিষ্ট্য হইবে ?

[Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that image may be real and magnified three times ?]

[H. S. (comp) 1961] (Ans. 26.6 cm.)

15. একটি দুই ইঞ্চি দীর্ঘ বস্তু একটি উত্তল লেন্স (ফোকাস-দূরত্ব = 7 inches) হইতে যথাক্রমে (a) 4 inches (b) 10 inches দূর রাখা হইল। বিম্বের অবস্থিতি, প্রকৃতি ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[An object, 2 inches high, is placed from a convex lens (focal length = 7 inches) at a distance of (a) 4 inches (b) 10 inches respectively Find the position, nature and the size of the image]

[Ans (a) $9\frac{1}{2}$ " ; অসদ্ ; $4\frac{2}{3}$ " (b) $28\frac{1}{4}$ " , সদ্ , $4\frac{2}{3}$ "]

16. 8 cm দীর্ঘ একটি বস্তু 20 cm ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন অবতল লেন্স হইতে 10 cm. দূর অবস্থিত। বিম্বের অবস্থিতি, দৈর্ঘ্য ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[An object, 8 cm high, is placed 10 cm. away from a concave lens of focal length 20 cm. Calculate the position, height and nature of the image formed]
(Ans. 6.3 cm. , 2 cm ; অসদ্)

17. 20 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্সে নিম্নলিখিত বস্তুগুচ্ছ পড়িলে কি ফলাফল গঠন করিবে নির্ণয় কর, (i) সমান্তরাল বস্তুগুচ্ছ, (ii) লেন্স হইতে 20 cm. দূরবর্তী কোন বিন্দু হইতে অপস্থত বস্তুগুচ্ছ, (iii) লেন্স হইতে 5 cm. দূরবর্তী কোন বিন্দু হইতে অপস্থত বস্তুগুচ্ছ, (iv) লেন্সের পশ্চাতে 20 cm দূরবর্তী বিন্দুর দিকে অগ্রবর্তী অভিসারী বস্তুগুচ্ছ।

বস্তুগুচ্ছের মধ্যবর্তী বস্তুকে লেন্সের প্রধান অক্ষ হিসাবে গণ্য করিয়া উপরোক্ত প্রতি ক্ষেত্রে একটি কায়দা পর্বিচ্ছবি চিত্র আঁক।

[Explain what would be the effect of a convex lens of focal length 20 cm. upon (i) a parallel beam of light (ii) a beam diverging from a point 20 cm. from the lens (iii) a beam diverging from a point 5 cm. from the lens (iv) a beam converging to a point 20 cm. behind the lens.]

. Draw careful diagrams to illustrate your answer, taking in each case the axis of the beam as the principal axis of the lens.]

[Ans. (i) converge on focus (ii) emerge as parallel beam (iii) virtual image at 6.6 cm. (iv) emerge as parallel beam.]

18. একটি উত্তল লেন্স দ্বারা লেন্স হইতে 10 metres দূরে একখানি পর্দা উপর একটি বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিতে হইবে। যদি বিবর্ধনের পুনিমাণ 20 হয় তবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত হইবে ?

[A magnified image is to be cast on a screen 10 metres away from a convex lens. If the magnification be 20, what would be the focal length of the lens ?]
(Ans 47.6 cm.)

19. একটি বালকের কাছে 10 cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স আছে। একখানি পর্দা হইতে এই লেন্সটিকে কত দূরে রাখিলে সূর্যের স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় পড়বে ? লেন্স হইতে 1 metre দূরে রাখিত একটি মোমবাতির প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলিতে লেন্সটিকে পর্দা হইতে কত দূর রাখিতে হইবে ? লেন্সটির ক্ষমতা কত ?

[A boy has a convex lens the focal length of which is 10 cm. How far from a screen must it be to get an image of the sun on the screen ? How far from the screen must it be to get an image of a candle which is at a distance of one metre from the lens ? What is the power of the lens ?]
[An. 10 cm., 11.1 cm.; 10D]

20. 8 cm. এবং 4 cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন দুইটি উত্তল লেন্সকে পরস্পর হইতে 8 cm. দূর রাখা হইল। 1 cm উচ্চ একটি বস্তুকে ছোট ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন লেন্সের সম্মুখে 4 cm দূর রাখা হইল। লেন্স দুইটি দ্বারা গঠিত শেষ প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Two convex lenses of focal lengths 8 cm and 4 cm. respectively are placed at a distance of 8 cm. apart and an object 1 cm. high is situated on their common axis 4 cm. in front of the lens of smaller focal length. Calculate the position and size of the final image.]

[Ans 2 cm. behind the lens of bigger focal length, 1.5 cm.]

21. 6 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 40 cm. দূর রাখা হইলে লেন্সের অপসরণে 4 cm. উচ্চ একটি উল্টা প্রতিবিম্ব গঠিত হইল। লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় কর।

[An object 6 cm. high is placed at a distance of 40 cm. from a convex lens, and an inverted image of height 4 cm. is formed on the other side of the lens. Find the focal length of the lens graphically.] (Ans 16 cm.)

22. লেন্সের 'সম্মুখ' ফোকাসস্থল বলিতে কি বুঝায় ? উহাদের ভিত্তি সম্পর্ক কি ?

[What do you mean by conjugate pair of foci of a lens? What is their relation ?]

২৪. লেন্সের 'ক্ষমতা' কাকে বলে? একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 20 cm. উক্ত অবতল লেন্সের ক্ষমতা কত?

[What is 'power' of a lens? A concave lens has a focal length 20 cm. What is its power?] (Ans. -5D)

২৫ (a) উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe a method for finding the focal length of a convex lens.]

[H S Exam. 1961; P. U. 1962]

(b) একটি উত্তল লেন্সের ওপর স্থানীয় সূর্যের দৃশ্যের উপর একটি বস্তু রাখা হইল যে বস্তুটির দৈর্ঘ্য ৩ cm. ফোকাস দৈর্ঘ্য ১০ cm. লেন্সের একটি দিগন্তে বস্তুটির প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইলে, বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A convergent lens is laid on a horizontal plane mirror with its axis vertical. The point of a pin is moved along the axis of the lens. Where will the point and the image coincide? Give reason for your answer.]

[H S (comp) 1961]

২৬ একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি বস্তুটির দৈর্ঘ্য ১০ cm. হয়, তবে বস্তুটির দৈর্ঘ্য 15 cm. হইলে বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A convergent beam of light passes through a divergent lens of focal length 20 cm. and is brought to a focus at a point 15 cm. from the lens. Find the position of the point at which the beam would have been focused in absence of the lens.] (Ans. 5.55 cm.)

২৭ একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি বস্তুটির দৈর্ঘ্য ১০ cm. হয়, তবে বস্তুটির দৈর্ঘ্য 15 cm. হইলে বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[An object is placed in front of a convex lens at such a distance away that the lens formed a real image of same size. Then the object is moved 16 cms. towards the lens. The image still remains real but is magnified three times. Calculate the focal length of the lens.] (Ans. 24 cm.)

২৮ একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm. যদি বস্তুটির দৈর্ঘ্য ১০ cm. হয়, তবে বস্তুটির দৈর্ঘ্য 15 cm. হইলে বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A convex lens placed at a certain distance away from an object produces a real image of magnification m_1 . When the object is moved at a distance x away from the lens the image is still real but of magnification m_2 . Prove that the focal length of the lens f is given by $f = \frac{x}{\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_2}}$]

২৪. একটি বস্তু এবং পর্দা পরস্পর হইতে কিছুদূরে অবস্থিত। উহাদের মাঝে একটি উত্তল লেন্স রাখিয়া দেখা গেল যে লেন্সের দুইটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন বস্তুর একটি কবিতা স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয়। যদি লেন্সটি দুই অবস্থানেব ভিতরকার দূরত্ব x এবং দুই অবস্থানে প্রতিবিম্বের বিবর্ধন m_1 এবং m_2 হয় তবে প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$

$$f = \frac{x}{m_1 - m_2}$$

[An object is placed at a certain distance away from a screen. A convex lens situated between them can be placed in two positions, for each of which a sharp image of the object is formed on the screen. If the distance between the two positions of the lens be x and the magnification be m_1 and m_2 , then prove that the focal length of the lens, $f = \frac{x}{m_1 - m_2}$]

২৫. একটি উত্তল লেন্স f কেন্দ্রের দূরত্ব 1 cm . এবং একটি প্রতিবিম্ব পর্দায় উৎপন্ন করিল। পর্দা বস্তু বস্তু অবস্থান স্থির রাখিয়া উত্তল লেন্সকে সরাসরি পর্দার পিছনে প্রতিবিম্ব গঠন করা হইল। এই প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য 0.75 cm . হইলে বস্তুর দৈর্ঘ্য কত?

[An image 1 cm long of an object is formed on a screen by a convex lens. Keeping the object and screen fixed, the lens is moved until a second image is formed on the screen. If the image is 0.75 cm long, what is the length of the object?]

২৬. কেন্দ্রের দৈর্ঘ্য লেন্স পর্দা বস্তু বস্তু দূরত্ব 20 cm হইলে পর্দায় উৎপন্ন হইলে লেন্স উত্তল 10 cm . হইলে একটি ছবির দৈর্ঘ্য পর্দায় উৎপন্ন হইলে 10 cm হইলে বস্তুর দৈর্ঘ্য কত? [বস্তু দৈর্ঘ্য 10 cm হইলে]

A real image of an object is formed by a convex lens at a distance of 20 cm . from the lens. When a concave lens is placed at a distance of 10 cm . from the convex lens, the image is shifted through 10 cm . Calculate the focal length of the concave lens.]

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

আলোকের বিচ্ছুরণ

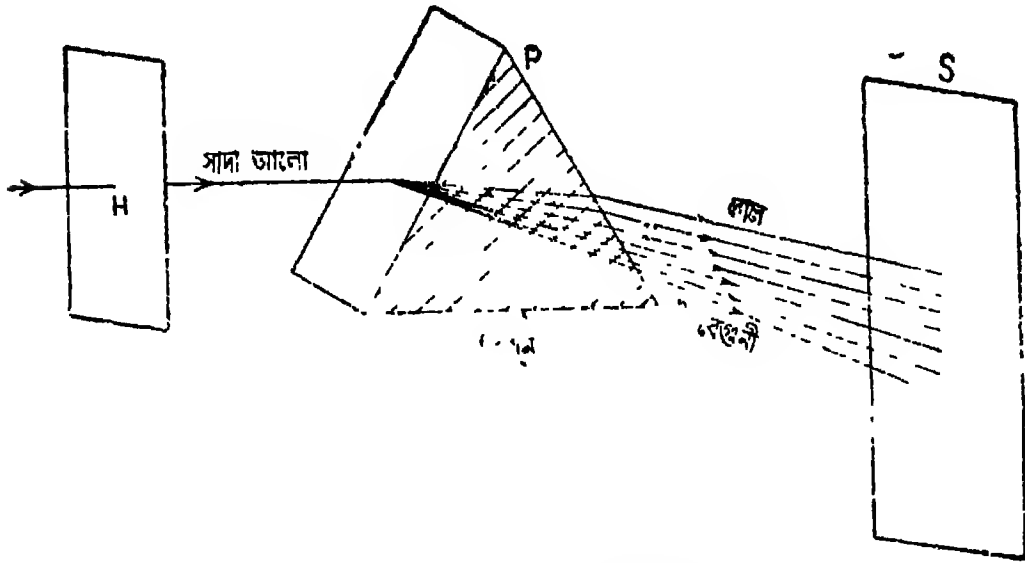
[Dispersion of light]

✓ ৫-১. আলোকের বিচ্ছুরণ :

১৬৬৬ খ্রিষ্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী সার আইজাক নিউটন আলোকের বিচ্ছুরণ আবিষ্কার করেন। তিনি দেখিতে পান যে সূর্যবশ্মি (সাদা আলো) কাচের প্রিজমে ভিতর গেলে সাতটি বর্ণের বশ্মিতে বিভক্ত হইয়া পড়ে।

পরীক্ষা :

এক অস্বচ্ছ পর্দায় H একটি ছিদ্র (৫ক নং চিত্র)। ছিদ্র দিয়া সাদা আলোক-রশ্মি একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল। আলোক-রশ্মি



সাদা আলো সাতটি বর্ণে বিভক্ত হইতেছে

চিত্র ৫ক

প্রিজম হইতে নির্গত হইয়া যখন একটি পর্দা S-এর উপর পড়িবে তখন পর্দায় একটি বিভিন্ন বর্ণবিশিষ্ট পটি (band) দেখিতে পাওয়া যাইবে।

উক্ত বর্ণবিশিষ্ট পটিকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাতে রামধনুর সাতটি বর্ণ বর্তমান এবং উহার এক প্রান্ত লাল এবং অপর প্রান্ত বেগুনী। অত্যাগ বর্ণগুলি হইতেছে নারঙ্গ (orange), হলুদে (yellow), সবুজ (green), নীল (blue), গাঢ়নীল (indigo)। এই বর্ণগুলির ক্রমিক

অবস্থান ইংরেজী VIBGYOR (প্রত্যেক বর্ণের আত্মাকর লইয়া গঠিত) কথা হইতে পাওয়া যাইবে ।

এই বর্ণবিশিষ্ট পটিকে বর্ণালী (spectrum) বলা হয় । প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙের আলো বিস্মৃষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে বলা হয় আলোকের বিচ্ছুরণ ।

বর্ণালী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের চ্যুতি (deviation) বিভিন্ন । বেগুনী বর্ণের আলোব চ্যুতি সর্বাপেক্ষা বেশী এবং লাল বর্ণের আলোব চ্যুতি সর্বাপেক্ষা কম । ইহাকে অনেক সময় বলা হয় যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের প্রতিসরনীয়তা (refrangibility) বিভিন্ন । হৃদে বর্ণের চ্যুতি লাল ও বেগুনী বর্ণের চ্যুতির মাঝামাঝি বলিয়া হৃদে বর্ণের আলোককে বলা হয় মধ্যবর্তী (mean) বর্ণ ।

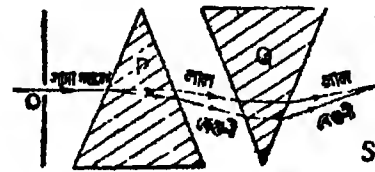
5-2. সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি (Composite nature of white light) :

সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে যে-সাত বর্ণের আলোতে বিভক্ত হয় তাহা প্রমাণ করে যে সাদা আলো যৌগিক (composite or compound) । এই সাতটি বর্ণের আলোক-রশ্মি যে-কোন একটিকে পুনরায় একটি প্রিজমের ভিতর দিয়া পাঠাইলে তাহাৰ আৰ কোন বর্ণ-বিশ্লেষণ দেখা যায় না—অৰ্থাৎ ইহাৰা প্রত্যেকটি মৌলিক (monochromatic) রশ্মি ।

সাদা আলোব যৌগিক প্রকৃতি আৰো ভালভাবে প্রমাণিত হয় যদি সাতটি বর্ণের রশ্মিকে মিশাইলে পুনরায় সাদা আলোক-রশ্মি পাওয়া যায় । নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে সাদা আলোর গুনযোজন করা যায় ।

(1) একই ধরনের দুইটি প্রিজম দ্বারা :

P এবং Q দুইটি একই ধরনের ও একই পদার্থে গঠিত প্রিজম পাশাপাশি উল্টা করিয়া বসানো । একটি সূক্ষ্ণ ছিদ্র ৩ হইতে সাদা আলোক-রশ্মি P-প্রিজমেৰ উপর আপতিত হইয়া বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইবে কিন্তু বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি Q প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে পুনর্গোজিত হইবে এবং নির্গত রশ্মি একটি পর্দা S-এর উপর পড়িলে সাদা রং-এর আলোকরূপ দেখা যাইবে (5খ নং চিত্র) ।

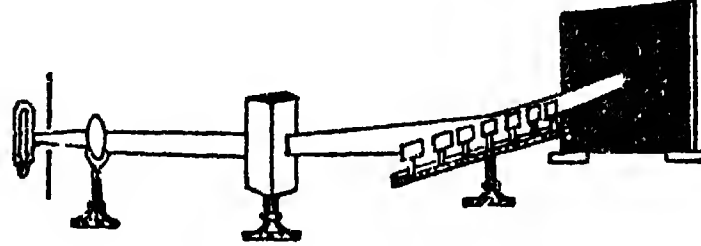


বিভিন্ন বর্ণের পুনর্গোজনা

চিত্র 5খ

(2) আয়নার সাহায্যে :

সাদা আলোর সূর্যবশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়ে যাইবার ফলে বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইল এবং প্রত্যেকটি বর্ণের আলো এক একটি প্রতিকলক আয়নার



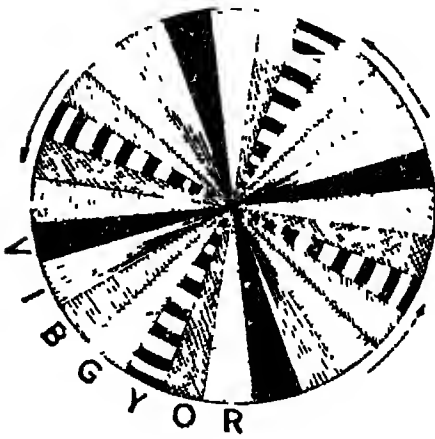
আয়নার সাহায্যে নিউটনের বর্ণের পুনর্যোজনা

চিত্র 5গ

উপর এমনভাবে পড়িল যে প্রতিফলিত হইয়া সব বর্ণবশ্মিগুলি পদার্থ এক জায়গায় গিয়া মিলিল (5গ নং চিত্র)। এক্ষেপে পুনর্যোজিত হইবার ফলে পদার্থ সাদা বর্ণ-এবং আলো দেখা যাইবে।

(3) নিউটনের বর্ণ-চাক্তি (Colour-disc) দ্বারা :

এটা একটি কাঠবোড়ের চাক্তি। এই চাক্টিতে কয়েকটি চাব ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগে বর্ণালীতে যে ক্রমিক পদার্থে বর্ণগুলি সাজানো থাকে (৫০ নং চিত্র)।



নিউটনের বর্ণ চাক্তি

চিত্র 5ঘ

সাদা বর্ণ-এবং অন্তর্ভুক্তি সৃষ্টি কবে।

5-3. অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী (Impure and pure spectrum) :

সাদারূপে আলোক-বশ্মি প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পদার্থ যে আলোক-পট গঠন কবে তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলে, কারণ, এই বর্ণালীতে

(5ঘ নং চিত্র)। এখন, এই চাক্টিতে জোরে ঘুরালে কোন বিশেষ বর্ণ দেখা যাইবে না — তবু পুনর্যোজিত হইবে। তাহা কখন এই যে, জোরে ঘুরিবার ফলে চোখে এক বর্ণের অন্তর্ভুক্তি থাকিতে থাকিতে অন্য বর্ণের অন্তর্ভুক্তি আসিয়া পড়ে এবং এই দৃষ্টিনিবন্ধের (persistence of vision) জন্য সাতটি বর্ণ মিশিয়া

বিভিন্ন বর্ণ তাহাদের নিজস্ব জায়গা দখল করে না বা সব বর্ণ পৃথক ভাবে দৃশ্যমান হয় না। বর্ণালী অশুদ্ধ হইবার কারণ এই যে একটি মাত্র আলোক-রশ্মি পাওয়া সম্ভব নয়। যতই সূক্ষ্ম হউক না কেন রশ্মিগুচ্ছে একেব অধিক রশ্মি থাকিবে। সুতরাং গুচ্ছের প্রত্যেকটি রশ্মিই বিচ্ছুরিত হইয়া নিজস্ব বর্ণালী সৃষ্টি করিবে এবং পদ্যস্ব বর্ণালীগুলি একের উপর আব একটি গিয়া পড়িবে। ফলে বর্ণালীর সব বর্ণ পৃথক ভাবে দেখা য় না এবং বর্ণালী অশুদ্ধ হইয়া পড়ে।

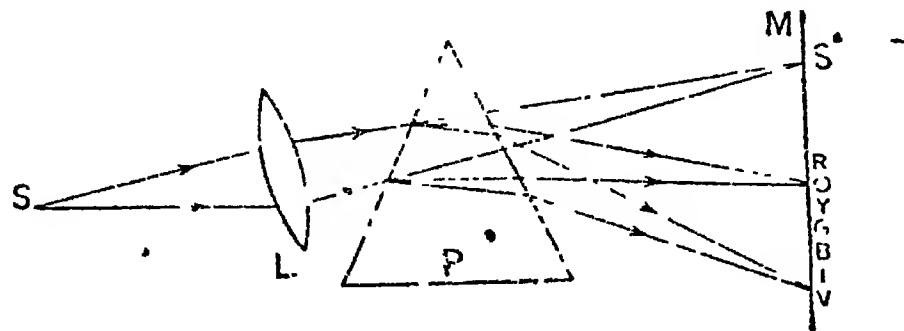
একটি সাধারণ পরীক্ষার সাহায্যেও ইহা প্রদর্শন কবানো য়াওতে পারে। প্রিজম হইতে নিগত আলোক-রশ্মির পথে যদি কিছু বোঁয়া সৃষ্টি এবং বায়ু তবে ঘোঁষাব এবং রশ্মিগুচ্ছের সামান্য নিকট রঙীন দেখা য়াইবে কিন্তু রশ্মিগুচ্ছের মন্থস্থানে রঙীন দেখা য়াইবে না। কারণ মাঝখানে বিভিন্ন বর্ণের রশ্মি একেব উপর আর এক পট্টো সাদা এবংযেব সৃষ্টি কবে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক শু স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় এবং অন্তর্গত অন্তর জায়গা দখল করিয়া থাকে তাহাকে **শুদ্ধ বর্ণালী** বলা হয়।

১-৪. **শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপায়** (Methods of producing pure spectrum) :

প্রথম পদ্ধতি :

১। S একটি সূক্ষ্ম চিত্র সাদা আলো দ্বারা উদ্ভাসিত। একটি উত্তল লেন্স L এমনভাবে বসানো হইল যাহাতে M-বিন্দুর উপর S হইলেব একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব S' গঠিত হয় (চিত্র ৫)। এইব বিন্দু M বিন্দুর মাঝখানে



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

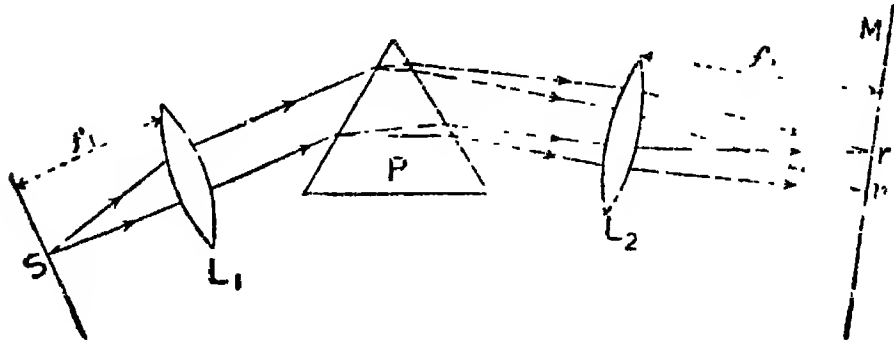
চিত্র ৫.

একটি প্রিজম P এমনভাবে বসানো হইল যেন মধ্যবর্তী হইতে বর্ণি প্রিজমের বিহীন দিয়া ন্যূনতম দ্রুতিতে (minimum deviation) গমন করিতে পারে।

প্রিজমের এইরূপ অবস্থানের ফলে অত্যাগ্র বর্ণের রশ্মিগুলিও প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে গমন করিবে এবং প্রিজমের অভ্যন্তরে তাহাদের পথের বিশেষ তারতম্য হইবে না। সুতরাং ছিদ্র হইতে সাদা আলো প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দার উপর সাতটি রঙের ছিঁড়ের প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং এই বর্ণগুলিকে আলাদাভাবে এবং স্পষ্ট দেখা যাইবে।

দ্বিতীয় পদ্ধতি :

(খ) S একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র L_1 উত্তল লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। সুতরাং ছিদ্র হইতে নির্গত সাদা আলোক-রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5চ

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ পবিণত হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অতঃপর একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল (5চ নং চিত্র)। প্রিজমটি মধ্যবর্তী ফল্গু বর্ণের ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপিত। ফলে আপতিত সাদা রশ্মিগুচ্ছ প্রিজম কর্তৃক এমনভাবে বিচ্ছুরিত হইবে যে সব লালবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল; সব বেগুনীবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ইত্যাদি। এইভাবে আর বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুলি আর একটি উত্তল লেন্স L_2 -তে আপতিত হইলে এই লেন্স সব বর্ণরশ্মিগুলিকে পৃথক পৃথক ভাবে পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত করিবে। সুতরাং পর্দায় স্পষ্টভাবে সাতটি বর্ণ দেখা যাইবে। পর্দাটিকে L_2 লেন্সের ফোকাস-তলে রাখিতে হইবে।

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের শর্ত (Conditions of forming pure spectrum) :

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপবোক্ত পদ্ধতি হইতে বোঝা যায় যে, ইহার জন্য নিম্নবর্ণিত শর্তগুলি প্রয়োজন :—

(1) ছিদ্র খুব সূক্ষ্ম হওয়া প্রয়োজন—কারণ ছিদ্র বড় হইলে অনেক রশ্মি নির্গত হইয়া প্রিজমে পড়িবে এবং উহাদের প্রত্যেকের বর্ণালী একের সহিত অপরে মিশিয়া অশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

(2) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করিয়া প্রিজমে উপর আপতিত রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল করিতে হইবে। ইহাতে একই বর্ণের বিভিন্ন রশ্মিগুলির চ্যুতি সমান হইবে।

(3) প্রিজমকে মধ্যবর্তী হল্‌দে বাঁশ্যব ন্যূনতম চ্যুতিব অবস্থানে স্থাপন করিতে হইবে। ফলে অত্যাধিক রশ্মিও প্রাচ্য ন্যূনতম চ্যুতিতে নির্গত হইবে।

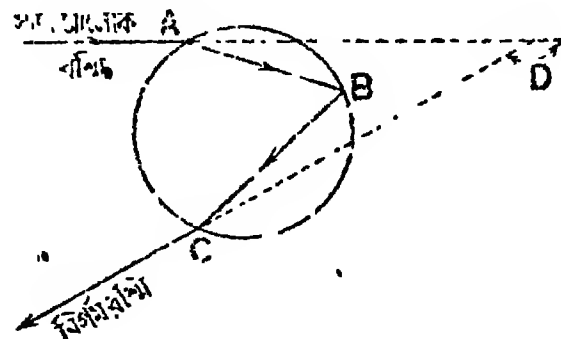
(4) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা প্রয়োজন মাত্রা ভিদের বিভিন্ন বর্ণের প্রতিবিম্ব পর্দায় উপর গঠন করিবে—অর্থাৎ শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

৫-৫. রামধনু (Rainbow) :

সকালের দিকে বা বিকালের দিকে যখন আকাশের একপ্রান্তে বৃষ্টি পড়ে এবং বিপরীত প্রান্তে হঠাৎ সূর্যবশ্মি আসিয়া পড়ে তখন রামধনু সৃষ্টি হয়। তাহা ভোমবা সকলেই দেখিয়াছে। ইহা খান কিছুট নয়, আকাশের গায়ে বজ্রের স্থায় বাকানো বিভিন্ন বর্ণের সারি।

এই রামধনুর সৃষ্টি সাদা আলোকের বিচ্ছুরণের জগা হইয়া থাকে। মনে কর, একটি সাদা সূর্যবশ্মি একটি গোলাকার বৃষ্টিব ফোটার উপর A বিন্দুতে পড়িল। বশ্মি ফোটার ভিতরে প্রবেশ করিলে প্রতিফলিত হইবে এবং B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় ফোটার উপর C বিন্দুতে আপতিত হইবে। বশ্মিটি ফোটার ভিতর হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে পুনরায় প্রতিফলিত হইবে (৫৩ নং চিত্র)। এই প্রতিফলনের ফলে বশ্মিটি বিভিন্ন রঙে বিভক্ত হইবে, যেমন সাদা বশ্মি প্রিজমের ভিতর প্রতিফলিত হইলে বিভক্ত হয়। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে বশ্মিটি ফোটা হইতে বাহির হইলে উহাব পথের বিচ্যুতি হয়।

এই চ্যুতির পরিমাণ $\angle D$ (চিত্র দেখ)। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন বিশেষ বর্ণের



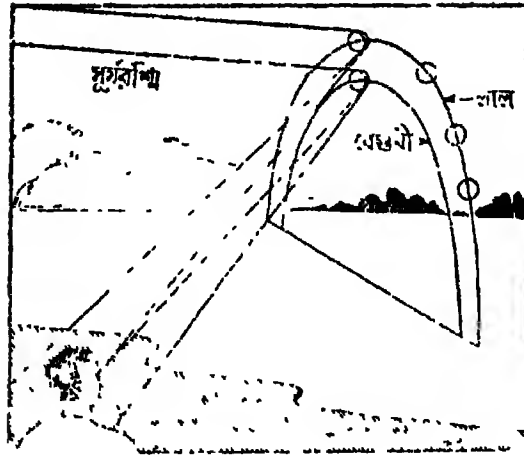
চিত্র ৫৬

বশ্মি যদি ন্যূনতম চ্যুতি লইয়া নির্গত হয় এবং মানুষের চোখে পৌঁছায় তবে

চোখে ঐ বর্ণের প্রবল অনুভূতি হয়। হিসাব করিলে দেখা যাইবে যে লালবর্ণের

ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ প্রায় 138°

এবং বেগুনী বর্ণের ন্যূনতম চ্যুতিকোণ প্রায় 140° ।



বামধনু
চিত্র ৫৯

এখন, মনে কর যে, আকাশের এক প্রান্তে বৃষ্টি হইতেছে এবং বিপরীত প্রান্ত হইতে সূর্যবাল্মী বৃষ্টির বর্ণাঞ্ছন উপর পড়িতেছে। একজন দর্শক সূর্যের দিকে পিছন ফিরাইয়া এবং বৃষ্টির দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইয়া আছে (৫৯ নং চিত্র)। দর্শকের পক্ষে

আকাশের গায়ে এমন একটি বৃত্তের চাপ (arc of a circle) বর্ণনা করিতে হইবে যে-চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যবাল্মী 138° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌছায়। তাহা হইলে ঐ জলবিন্দুগুলি দর্শকের নিকট লাল বলিয়া প্রতিভাত হইবে এবং দর্শক একটি লাল রংয়ের ধনুকেব মত নীকানো বৃত্তাংশ দেখিতে পাইবে। ঐ জলকণাগুলি অত্র কোন বস্তুর রশ্মি দর্শকের চোখে পাঠাইবে না, কারণ অত্র বস্তুর ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 138° নয়। তেমনি যদি আর একটি বৃত্তের চাপ বর্ণনা করা যায় যে চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যবাল্মী 140° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌছায় তবে দর্শক ঐ বৃত্তাংশকে বেগুনী বস্তুর দেখিবে। এইভাবে অগ্রাঙ্গ রঙের বৃত্তাংশও দর্শকের চোখে প্রতিভাত হইবে। ইহাকে প্রাথমিক (primary) বামধনু বলে। কখন কখন প্রাথমিক বামধনু উপরে আর একটি অল্প বামধনু দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে গৌণ (secondary) বামধনু বলে।

প্রাথমিক বামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল এবং ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। অগ্রাঙ্গ বর্ণগুলি এই দুই বর্ণের মাঝখানে নিজস্ব জায়গা অধিকার করিয়া থাকে। গৌণ বামধনুতে বর্ণের সজ্জা ইহার উল্টা, অর্থাৎ বৃত্তের বাহিরে থাকে বেগুনী এবং ভিতরে থাকে লাল।

5-6. বিভিন্ন বস্তুর বর্ণ (Colour of different bodies):

আমরা প্রতিদিন নানাবর্ণের বিভিন্ন বস্তু দেখি। লালফুল, নীল কাগজ, সবুজ কাচ ইত্যাদি বহু প্রকার বর্ণের জিনিস আমবা দেখিতে পাই। এই সকল বস্তুর বর্ণ কিরূপে সৃষ্টি হয় জান কি?

যে-সকল বস্তু অস্বচ্ছ, তাহা বা যে-বর্ণের আলোক-রশ্মিকে প্রতিফলিত করে সেই রংয়ে রঙীন হয়। যেমন, লাল ফুল আমরা লাল দেখি কাবণ সাদা আলো ঐ ফুলের উপর পড়িলে ফুল শুধু লাল বর্ণের আলোকে প্রতিফলিত করে—অত্যাগ্র বর্ণের আলো শুষিয়া লয়। কিন্তু ঐ ফুলের উপর নীল রংয়ের আলো ফেলিলে ফুলকে আর লাল দেখাইবে না, কালো দেখাইবে—কারণ ফুল এ অবস্থায় নীল আলোকে শোষণ করিয়া লইবে এবং কোন আলোই প্রতিফলিত করিবে না। তেমনি সবুজ কাপড় শুধু সবুজ বর্ণের আলোকে প্রতিফলিত করিবে—অত্যাগ্র বর্ণের আলোক-রশ্মিকে শুষিয়া লইবে। তবে কাপড় বা অত্যাগ্র জিনিস কালো বা সাদা দেখায় কেন? মনে রাখিতে হইবে যে সাদা বা কালো কোন বিশেষ বর্ণ নয়। কোন বর্ণ না থাকিলে জিনিস কালো দেখাইবে—আর সকল বর্ণ উপস্থিত থাকিলে ঐ জিনিসকে সাদা দেখাইবে। কালো কাপড়ের উপর যখন সাদা আলো পড়ে তখন ঐ কাপড় সাদা আলোর সাতটি রংয়ের আলোক-রশ্মিকেই শুষিয়া লয়—কোন আলোক-রশ্মিকেই প্রতিফলিত করে না। তাই উহাকে কালো দেখায়। আবার, সাদা কাপড়ের উপর সাদা আলো পড়িলে, ঐ কাপড় সাতটি রংয়ের আলোক-রশ্মিকেই প্রতিফলিত করে। সুতরাং উহাকে সাদা দেখায়।

কিন্তু যে-সকল বস্তু স্বচ্ছ—যেমন কাচ ইত্যাদি—তাহা বা যে-বর্ণের আলোক-রশ্মিকে নিজেদের ভিতর দিয়া সংবাহিত (transmit) করিবে সেই রংয়ে বঙীন হইবে। লাল রংয়ের কাচের উপর সাদা আলো পড়িলে, উহা বঙিন দিয়া শুধু লাল রঙের আলো চলিয়া যাইবে—অগ্র বর্ণের আলো যাইবে না। তাই কাচকে লাল দেখাইবে। কিন্তু উহা উপর অগ্র যে-কোন বর্ণের আলো পড়িলে কাচটি আব লাল দেখাইবে না—কালো দেখাইবে। একখানি লাল কাচ এবং একখানি সবুজ কাচ পর পর রাখিয়া উহাদের সন্মিলনকে বদিকে বস। দেখিলে উহাদের কালো দেখাইতেছে। কাবণ প্রথম লাল কাচ লাল-বর্ণের রশ্মিকে নিজেদের ভিতর দিয়া যাইতে দিবে, কিন্তু উহা যখন পরের সবুজ কাচের উপর পড়িবে তখন আর ঐ কাচের ভিতর দিয়া নিগত

হইতে পারিবে না। তাই, উহাদের একসঙ্গে রাখিলে কালো দেখাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে স্বচ্ছ বস্তুর বর্ণ ঐ বস্তুর ভিতর দিয়া নির্গত আলোক-রশ্মির বর্ণের উপর নির্ভর করে।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে তিনটি বিশেষ বর্ণ যথোপযুক্ত ভাবে মিশাইলে যে-কোন বর্ণ সৃষ্টি করা যায়। এই তিনটি বিশেষ বর্ণ হইতেছে লাল, সবুজ এবং নীল। ইহাদের বলা হয় **প্রাথমিক বর্ণ** (Primary colours)।

তা ছাড়া, যদি দুইটি বর্ণের মিশ্রণে সাদা বর্ণের সৃষ্টি হয় তবে ঐ বর্ণ দুটিকে বলা হয় **পরিপূরক বর্ণ** (complementary colours)। যেমন, হলুদে এবং গাঢ়নীল অথবা নাবাদু এবং নীল মিশাইলে সাদা বর্ণের সৃষ্টি হইবে। ইহাব, **পরিপূরক বর্ণ**।

সারাংশ

প্রিয়মেব ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙ-এর আলো বিস্মৃষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে এবং এই বর্ণের পটিকে বলা হয় বর্ণালী। সার আইজাক নিউটন প্রথম ইহা আবিষ্কার করেন।

সাদা আলোক-রশ্মি যে সাত রঙ-এর আলোক-রশ্মিতে বিভক্ত হয় তাহাদের বিভিন্ন উপায়ে পুনর্যোজন করিয়া সাদা রঙ সৃষ্টি করা যায়। ইহা সাদা আলোক-বৌগিক প্রকৃতির প্রমাণ।

অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী :-

যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় না ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজের ভাসগ, দখল করে না তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় না ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজের ভাসগ, দখল করে তাহাকে শুদ্ধ বর্ণালী বলে।

বিভিন্ন উপায়ে শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করা যায়।

রামধনু : সূর্যের সাদা আলো রশ্মির ফোটা কর্তৃক প্রতিস্থিত ও বিচ্ছুরিত হইয়া রামধনু সৃষ্টি করে। প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল ও ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। গৌণ রামধনুতে উত্তর উপা।

প্রশ্নাবলী

১. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? বর্ণালী কাকে বলে?

[What is dispersion of light? What is called a spectrum]

[cf. H. S. (comp.) 1962, '64]

২. সাদা আলোকের যৌগিক প্রকৃতি কিসে প্রমাণ করা যায়?

[How can you prove the composite nature of white light?]

৩. শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী কাকে বলে? পর্দার উপর শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What are pure and impure spectrum? Describe a method for producing a pure spectrum on a screen.] [H. S. (comp.) 1962, '64]

৪. আলোকের বিচ্ছরণ বলিতে কি বুঝায়? বায়ুমাধ্যমে কি কি বর্ণ দেখা যায়? সাদা আলোতে বায়ুমাধ্যমের মন কয়টি বর্ণ আছে তাহা প্রমাণ করিবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। উহা একটি পরীক্ষার ছবি আঁক।

[What is dispersion of light? What are the colours seen in a rainbow? Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light. Give a neat diagram] [H. S. Exam. 1962]

৫. সজ্জ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে বিভিন্ন বস্তু বর্ণ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :-

(ক) যে বর্ণের আলো বস্তু উপর আপতিত হয়।

(খ) বস্তু অস্বচ্ছ হইলে, যে বর্ণের আলো বস্তু কর্তৃক প্রতিফলিত হয়।

(গ) বস্তু স্বচ্ছ হইলে যে বর্ণের আলো বস্তু ভিতর দিয়া নিগত হয়।

Describe simple experiments to prove that the colour of different bodies depends on :-

(a) The colour of the light incident upon it

(b) The colour of the light reflected by the body, if it is opaque.

(c) The colour of the light transmitted by the body, if it is transparent.]

[Objective type questions]

(A) Alternate Response Type .

(1) Yes or No type :

(ক) সকল মাধ্যমে আলোর গতিবেগ কি সমান? —

(খ) আলো কে কি একপ্রকার শক্তি বোঝায়? —

(গ) বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের চ্যুতি কি ওবস্কার-ইন্টারফেরেন্স উপর নির্ভর করে? —

(ঘ) লবু মাধ্যম হইতে বন মাধ্যমে আলোক-বর্ণ প্রবেশ করিলে বর্ণের গতিবেগ কি আপতন বিন্দুত অধিক অভিলম্বের দিকে বাকিয়া যায়?

(ঙ) এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে আপতিত হইলে বর্ণের সমস্ত ভাংশই কি প্রতিফলিত হয়?

BOARD OF SECONDARY EDUCATION WEST BENGAL

HIGHER SECONDARY EXAMINATION QUESTIONS

1960 : PHYSICS—First Paper

(Group A (Answer any two)

1. State and explain the principle of Archimedes.

Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.

A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gm., 297 gm., and 19 gm., calculate the density of the solution, that of mercury being 13.6 gm/cc. 2+3+5=10

2. What do you mean by 'acceleration due to gravity'?

What are the units in which this quantity is expressed in the c. s. and f. p. s. systems?

Define 'weight' of a body.

Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument. 2+4+5=11

3. Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. Calculate its value in the c. g. s. units at a place where $g = 980$ c. g. s. units. (Density of mercury = 13.6 gm/cc.)

Describe the construction of a simple mercury barometer. 5+5=10

A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 cm. in cross-section and the mercury column falls from 75 cm to 65 cm. If the space before introduction of air was 6 cm long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.

4. Define 'Longitudinal stress' 'Longitudinal strain' and 'Young's modulus'.

Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the c. g. s. system.

Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 623 cm long and 2 mm in diameter by one more millimetre in length. Y for steel = 2×10^{12} c. g. s. units and $g = 980$ c. g. s. units.

Group B (Answer any two)

5. Describe the construction of a Doctor's thermometer. Give a neat diagram. 5+2

Why should the thermometer be of uniform bore? Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales 3+5

6. Either, Explain 'specific heat of lead is 0.03.' Define 'Thermal capacity'. 2+2

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain. 3

Indicate briefly how you would determine the specific heat of a solid. 1

200 gm. of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gm. of a liquid of sp. heat 0.5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. 4

Or, Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid'. 2

How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficient of linear and cubical expansion of the same solid. 2+2+1

What must be the length of a rod of zinc at 50°F., if its length is to increase by 5 mm, when the temperature is raised to 100°C. ? (Co-efficient of linear expansion of zinc = 0.000029 per degree centigrade.)

7. Define 'Dew point'.

'Or what is it when it has been found?' 3

What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room. 3+3

8. Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat. 1

Explain "mechanical equivalent of heat is 4.2 Joules" per calorie. 4

What is a Joule? 2

How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at 0°C into water at 100°C?

(Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.)

Group C (Answer any one)

9. Describe experiments to illustrate

(i) how sound is produced, and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound. 4+1

A gun is fired from a fort at a fixed hour. An observer, from a distance, sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why? 2

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming the velocity of sound to be 1,100 ft./sec? 1

10. What is the function of the hollow body of a violin? 3

How is it that the sound of a violin appears to be different from that of a piano although the same tune is played on both? 4

Define the terms 'Fundamental' and 'Harmonic'.

If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave? 3

1960 : PHYSICS Second Paper

Group A (Answer any two)

1. State the laws of reflection of light. 4

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror, viewed after reflection, as though they diverge from a single point. 3

What is that point called? What is its position? And nature? 3

When a plane mirror is rotated through an angle θ , show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much. 5

2. Define 'refractive Index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between the critical angle and refractive index. 3+1+1+3

Trace the path of a ray falling normally upon a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42°. (Consider only two faces of prism.) 5

3. Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. 8

What is the effect of increasing the size of the hole? 3

A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. 4

4. Define "focal length" of a convergent lens. 2

Draw a neat diagram to show how a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens. 3

Hence deduce a relation between the object-distance, the image-distance and the focal length of the lens. 5

Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed, in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. 5

(Group B (Answer any three)

5. How would you prepare a small bar magnet? 5

State the nature of polarity developed at the ends of the bar. How would you test the polarity? 2 + 2

Describe the nature of the earth's magnetic field. 6

6. Give the diagram of a gold leaf electroscope with index of parts. (No description is necessary). 4

How is the instrument to be used for testing the nature of charge on an insulated conductor. 4

'Repulsion is the sure test of electrification'—explain. 3

7. State and explain the defects of a simple voltaic cell. 2 + 3

What is meant by the terms 'Electromotive Force' and 'Potential Difference' as applied to cells. 2 + 2

8. How do you arrange two resistances (i) in parallel and (ii) in series? 4

Find out the effective resistance in each case. 3 + 3

Two lamps, each of resistance 50 ohms are connected in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell be 1 ohm and the e.m.f. of each cell 1.5 volts calculate the current in the lamps. 5

9. Describe Bulow's wheel and explain its action. Give a neat diagram. 1 + 4

What does this illustrate? 3

10. You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when—

(i) the N-pole of a bar-magnet is quickly introduced into the coil;

(ii) it is kept there.

(iii) it is quickly withdrawn.

1960 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Answer any two)

1. Distinguish between 'density' and 'specific gravity'. Prove that they are expressed by the same number in the C. G. S. System.

Calculate the height, in metres, of a vertical column of glycerine (sp. gr. 1.26) which will balance the atmospheric pressure at a place where the barometric height is 756 mm. (Density of mercury = 13.6 gm/cc)

2. Explain the meanings of 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid

How would you prove experimentally that the pressure at a point inside water is the same in all directions ?

The depth of a sea at a point is 1320 ft. What is the pressure in pounds per sq. inch at the bottom of the locality ? [Neglect pressure of air on the surface. 1 cu. ft. of fresh water weighs 62.4 pounds ; sp. gr. of sea-water is 1.03.]

3. What is a Vernier and what is meant by Vernier constant ?

If 19 division of the main scale coincide with 20 division of the vernier scale, what is the Vernier constant ? (One division of the main scale = 1 mm).

In reading the height of the mercury column in a barometer in which the above Vernier is provided it is found that the main scale reading is 756 mm and the 16th division of the Vernier scale coincides with a division of the main scale, what value does this give for the barometric height ?

4. Explain the action of a siphon. State its use.

What conditions must be fulfilled for the working of a siphon ?

It is required to siphon kerosene (sp. gr. 0.8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? (Atmospheric Pressure = 30 inches of mercury)

Group B (Answer any two)

5. Explain how the fixed points of a thermometer are determined.

How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively -0.5 and 100.8 . Find the correct temperature on the centigrade scale when the faulty thermometer reads 20.

6. *Either* Define the terms "Caloric" and "B. T. U."

Distinguish between the "Water-equivalent" and the 'Thermal Capacity' of a body.

State the units used in expressing them in any one system.

An iron sauce pan contains 100 gms of water at 25°C . 50 gms. of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C . Calculate the water equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms., what is the specific heat of iron ?

Or, Distinguish between the coefficients of real and apparent expansion of a liquid.

How are they related ?

3

A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long, at 0°C . When the temperature is raised to 100°C , the thread of mercury is found to be 16.5 mm longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0.000182, calculate the coefficient of linear expansion of glass.

6

7. Explain any three of the following statements—

5+5+5

(a) Water can be made to boil at any temperature, above or below 100°C

(b) Vapour-pressure of a liquid at 25°C is 50 mm.

(c) Wet clothes usually dry sooner in winter than in the rainy season though the temperature during the rainy season is higher.

(d) A glass tumbler is seen to "cloud over" on the outside when ice-cold water is poured into it

(e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass

8. What are the different modes of propagation of heat ?

3

Explain each of them with suitable illustrations.

6

Explain the working of Davy's Safety Lamp

6

(Group C) (Answer any one)

9. Explain, with the help of a suitable diagram the mode of propagation of sound, through air emitted by a vibrating tuning fork.

6+1

If the distance between a pair of adjacent condensations in air be $1\frac{1}{2}$ metres when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec, what is the frequency of the tuning fork ?

10. What is an echo ?

4

Explain how the phenomenon of echo is employed to measure the depth of oceans

6

A man standing away from a cliff hears the echo of a sound 2 seconds after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man ?

(Velocity of sound in air = 320 metres/sec.)

5

1960 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Answer any two)

1. The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be "laterally inverted" Explain this 5

If a man runs towards a plane mirror at the rate of 5 ft./sec. at what rate will he approach his image ? 5

Calculate the minimum size of a plane mirror, fixed on the wall of a room, in which an observer can see the full size of himself 4

2. Distinguish between "Umbra" and "Penumbra" 4

State the physical principle involved in the formation of shadows. 2

Indicate by means of neat diagram, the regions of Umbra and Penumbra, if any, due to spherical obstacle by— 3 + 3 + 2

(i) a point source of light.

(ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle,

(iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle.

(No description is necessary)

3. State Snell's Law of Refraction.

How would you verify the Law ? 2

Explain any two of the following statements : 4 + 4

(i) To an observer standing beside a swimming pool water appears to be less deep than it really is.

(ii) A smoked ball on being introduced into a beaker of water appears silvery white.

(iii) The image of a pen seen through a glass prism by sun's light appears coloured.

(iv) A number of images are visible when a bright object is held in front of a thick plane mirror silvered at the back.

4. Distinguish between a real and a virtual image. 3

Show *clearly* by a diagram, how a convex lens can be made to give (i) a virtual, (ii) a real image of an object. 6

An object, 10 cm. long is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ? 6

Group B (Answer any three)

5. What is the difference between a permanent magnet and a magnetic substance ? 3

How would you distinguish one from the other ? 3

5. Explain magnetic induction. 3
- The N-pole of a strong magnet A is made to approach the N-pole of a freely suspended weak magnet B .
- State and explain how the N-end of B would behave, (a) while A is at some distance from B , (b) when A is brought quite close to B .
6. By what experiment would you prove that both positive and negative electrifications are produced simultaneously and in equal quantities by friction. 6
- What is electron? 4
- Explain the phenomenon of electrification by friction from the point of view of Electron Theory. 5
- How would you set up a Leclanche cell? 4
- Show how the chief defect of a simple Voltaic cell are overcome in the Leclanche cell.
- A wire of resistance 20 ohms is connected to the terminals of a battery of 4 cells in series, each of e.m.f. 1.5 volts and internal resistance 1.2 ohms. Calculate the strength of the current in the wire. 4
- Draw a neat figure in connection with the problem. 2
8. State Ohm's Law explaining clearly the symbol used. 3
- Show that the law provides a definition of electrical resistance.
- What are the factors upon which the resistance of a wire depends? 4
- One kgm. of copper is drawn up into a wire, (a) 1 mm. diameter (b) 2 mm. diameter. Compare their resistance at the same temperature. 6
9. Describe the construction of an electromagnet. Give a neat diagram. 4
- If a particular end of the electromagnet is to be the north Pole, show, in the diagram, the direction of the current through the coil. 2
- How does it differ from an artificial magnet? 3
10. Describe Roget's vibrating spiral and explain the principle of action of the apparatus. 10
- A wire is connected to the terminals of hidden battery. Devise an experiment to find out which end of the wire is connected to the positive pole of the battery? 2

1961 : PHYSICS—First Paper

Attempt any two questions from Group A, any two from group B, and only one from group C.

Group A

1. State Newton's second law of motion and explain how the unit of force is derived therefrom.

Define the Absolute and Gravitational units of force in the Metric and the British system.

A force of 100 dynes acts upon a mass of 25 gms. for 5 seconds. What velocity does it generate? 3 | 1+1 | 4

2. Describe the principle and action of a Hydraulic Press. Give a neat sectional diagram.

A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be one half inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt. 5 | 5, 5

3. Distinguish between Potential energy and Kinetic energy, stating how they are measured.

What is a 'Horse Power'?

What should be the H. P. of an engine which is intended to pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yards?

[One gallon of water weighs 10 pounds.] 1+1 | 4+1 | 2+5

4. What is Torricelli's vacuum?

Is it, strictly speaking, a vacuum?

State, giving reasons, what happens in the following cases :

(a) A glass tube, 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury.

(b) The tube is inclined to the vertical.

(c) The tube is replaced by one with a wider bore.

The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 760 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13.58 and 1.05, calculate h . 2+2 | 6+5

Group B

5. Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.

The highest temperature on a certain day was observed to be 120.2° on the Fahrenheit scale. What should have been the corresponding indication on the Centigrade scale? 6 | 1 | 4 | 5

6. Explain the meaning of Latent heat of fusion of a substance.

Describe how you would determine melting point of paraffin.

What is the result of mixing 8 lbs. of copper at 100°C with 2 lbs. of ice at 0°C ? [Specific heat of copper = 0.1, Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.] 4 + 6 + 5

7. Distinguish between 'Saturated' and 'Unsaturated' vapour.

Devise a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

A brass pitcher and a porous earthenware jar are both filled with water and placed side by side in air. Would you notice any difference in temperature between the two after some time? If so, why?

8. Mention two examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy.

What relation has been established between work done and heat developed?

Define Joule's equivalent. What is the value in the c.g.s. system?

An iron ball having fallen from rest through 50 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through 0.7°C . What value does this give for the mechanical equivalent of heat?

[Specific heat of iron = 0.1, $g = 980 \text{ cm. sec}^{-2}$] 4, 2, 2.

Group C

9. What is a tuning fork? What is the special characteristic of the sound it emits?

By what device can the sound of a tuning fork be made audible to a large audience?

You are supplied with two tuning forks, the frequency of one being known. How would you determine the number of vibrations executed per second by the other tuning fork? 4, 2, 3, 6

10. What experiment leads you to believe that sound is not propagated through empty space?

Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun. 'B' sees the flash and 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sound in air.

Will the velocity, as determined in above problem, be affected by wind? If so, how can the effect of wind be eliminated?

6 + 5 + 4

1961 : PHYSICS--Second Paper

Attempt only two questions from group A and three from group B

Group A.

1. How are shadows formed ?

Explain, with the aid of a diagram, the formation of umbra and penumbra caused by an opaque spherical obstacle when light from a larger luminous sphere falls upon the obstacle.

Explain the condition in which total eclipse of the moon occurs.
4, 6, 5

2. How would you experimentally verify the laws of reflection ? Describe an experiment to show that the image of a luminous point formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at a plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by diagram.
6, 3, 4

3. What is dispersion of light ?

What are the colours seen in a rainbow ?

Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light.

Give a neat diagram.
3, 3, 6, 3

4. Explain, by a diagram, what you mean by the 'Principal Focus' of a convergent lens.

Describe a method of determining the focal length of a convergent lens.

An object is placed 30 cms. in front of a convex lens of focal length 10 cms. Where will the image be formed ? State the nature of the image.

How many times is the image magnified or diminished ?

2, 5, 1, 2, 2

Group B

5. Give an idea of the distribution of magnetism along the length of a bar magnet.

You are given a bar magnet, a rod of brass and a rod of soft iron. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?

If you break a bar magnet successively into a number of pieces, what will you notice ?

What is the conclusion you are led to ?
1, 5, 3, 3

6. Describe an experiment to illustrate the phenomenon of electrostatic induction.

পদার্থ বিজ্ঞান

By what experiments would you prove that electricities generated by electrostatic induction are equal in quantity but opposite in kind ?

The cap of a gold-leaf electroscope is charged with positive electricity and the leaves diverge. State what would happen when an insulated metal rod is brought close to the cap, if

- (a) the rod is uncharged,
- (b) the rod is negatively charged,
- (c) the rod is positively charged. 3, 7, 9

7. A wire carrying a rather strong current is held over a compass needle. How is the direction in which the needle points affected when,

- (a) the wire lies north and south,
- (b) the direction of the current is reversed.

How would you ascertain, from the movement of the north end of the compass-needle, the direction of current in the wire ?

State any rule in support of your answer. 6, 7, 9

8. Describe and explain the action of a calling bell.

Draw a neat diagram of the circuit used.

Would the working of the bell be affected by a reversal of the current in the circuit ?

If a calling bell is worked with a pair of cells in series, each of $e.m.f.$ = 1.5 volts and internal resistance = 1.8 ohms, find the resistance of the coil, the current in it being 0.5 amperes.

9. Describe a simple method of verifying Ohm's Law. Give a neat sketch of the circuit employed.

The ends of a uniform wire one metre long are connected to the terminals of a $d.c.m.f.$ = 2.1 volts, to which is in series 1.5 ohm. When in parallel with the wire the potential per unit length of the wire is 2 volts. Find the resistance of the wire. 6, 3, 6

10. What is an induced current ?

Describe two typical experiments by which the production of induced currents may be illustrated.

What conditions determine (a) the direction, (b) the duration, (c) the magnitude of an induced current ?

1961 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Attempt any two)

1. State and explain Pascal's principle on the transmission of liquid pressure.

How can you apply this principle for obtaining multiplication of force.

A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin oil column from the table are respectively 18.1 and 6.4 inches and the top of the water column is 16.6 inches from the table, calculate the specific gravity of paraffin oil. 6+5+4

2. State the laws of oscillation of a simple pendulum. If the length of a second's pendulum be 100 cms. find the length of one pendulum which makes 25 oscillations per minute, at that place.

Will a pendulum clock gain or lose when (i) taken to the top of a mountain? (ii) The brass bob is replaced by a wooden bob of the same size? (iii) The diameter of the bob is diminished? Give reasons. 4+5+6

3. State Boyle's Law and describe how you would verify it for pressures greater than one atmosphere. Give a sectional diagram of the apparatus you would use.

When the barometer stands at 75 cms a quantity of air, 10 cc in volume at the atmospheric pressure, is introduced into the vacuum of the barometer. The mercury immediately falls to 50 cms. What volume does the air occupy inside the barometer tube? 5+5+5+5

Group B (Attempt any two)

4. Describe the action of a single-barrel air pump. Give a neat schematic diagram of the pump.

What is its limitation?

6+5+4

5. Distinguish between ' sensible' heat and ' latent' heat.

State in general terms, the effect of application of heat to ice, say at -8°C , until the temperature of 10°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied, in the above case, to the mass of ice to 10 gms. (Specific heat of ice $=0.5$, latent heat of fusion of ice $=80$ calories/gm.) 4+6+4

6. Define 'co-efficient of cubical expansion.'

If a block of copper be heated, in the solid state, how will its density be affected?

Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 800°C . Calculate the increase in volume.

(Co-efficient of linear expansion for copper $= 0.16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade)

2+3+5+5

7. What are the different processes by which nature tries to equalise the temperature of different bodies ?

Explain each process with a suitable example.

Give reasons for the following statements :—

(a) 'Water may be boiled in a paper box without charring the paper.' (b) 'It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.'

3+6+6

8. Distinguish between 'evaporation' and 'boiling'.

What do you mean by 'hygrometric state' of air ?

Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of the air may be determined.

Draw a neat sketch of the apparatus you describe. 3+2+6+4

(Group C : Attempt any two)

9. How does the frequency of a vibrating string depend on (i) the length, (ii) the tension of the string ?

State giving reasons, how the pitch of the note created by the string of a musical instrument will change when (i) the tension is quadrupled, (ii) the length is halved.

A stretched wire under a tension of 1 kgm is in unison with a tuning fork of frequency 320. What alteration in the tension would make it vibrate in unison with a fork of frequency 256 ?

10. A vibrating tuning fork (of frequency 256, say) is held at the mouth of an open jar (40 cm tall) jar and water is gradually and carefully poured into the jar. State what will happen.

How would you determine the velocity of sound in air by an experiment of this kind ?

A tuning fork of frequency 250 produces resonance in a glass tube with an air-column of 25 cms. For what length of air-column will resonance be produced with a tuning fork of frequency 350 ?

4+6+5

(Neglect end correction)

1961 : PHYSICS (Compartmental)--Second Paper

Group A (Attempt any two)

1. The path of light is rectilinear in a homogeneous medium. Describe two experiments in support of the statement.

The sun subtends the same angle as a half-penny at a distance of 10 ft. Give a diagram showing the size and nature of the shadow of the half-penny cast by the sun on a surface parallel to and at a distance of 5 ft from the half penny.

5+5+5

2. Two mirrors are inclined to each other at an angle of 90° . Draw a diagram and show how multiple images are formed of an object placed between them.

Prove that a man can see the whole of his person in a mirror the length of which is half his own height. 10+5

3. A glass prism has refracting angle of 90° , the other angles being 45° . Diagrammatically the path of a ray incident normally on one of the refracting faces.

What is the deviation produced?

Explain the phenomenon involved.

Why such a device is preferred in the construction of a Periscope? 3+3+9+3

4. Explain what you mean by 'Real' and 'Virtual' images.

Draw diagrams illustrating how (i) a magnified real image, (ii) a magnified virtual image is produced by a convergent lens.

Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cm. in order that the image may be real and magnified three times? 1+6+5

Group B (Attempt any three)

5. Describe how you would proceed to determine the positions of the poles of a magnet.

What is the 'magnetic length' of a magnet?

What is the approximate relation between this length and the actual length of the magnet?

Define magnetic axis of a magnet. 6+3+5+3

6. Given a conductor A on an insulating stand and a body B, charged negatively. How can you charge A, by means of B, (i) positively, (ii) negatively?

A charged ebonite rod is brought in contact with the cap of a gold-leaf electroscope. The leaves are seen to diverge. But when the rod is removed the leaves collapse a little. Explain. 3+5+5

7. Explain why a simple voltaic cell is no longer used as a source of current supply.

Describe any other form of cell explaining how the defects of the original type have been overcome.

8. Describe an electric filament lamp. Why is it made so? Account for the rise of temperature in the bulb when the current is turned on.

The filament of an incandescent lamp when connected to mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament? 2+3+5

9. The current flowing through a long wire is too weak to deflect a compass-needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangement enables you to increase perceptibly the action on the compass-needle?

What is the practical unit of resistance? How do you define it? A circuit contains an ammeter which reads 1.5 amperes. When a voltmeter is connected at two points A and B of the circuit it reads 3.9 volts. What is the resistance at the portion of the circuit between A and B? 6 + 2 + 2 + 1 = 7

10. A wire carrying a current is placed between the two poles of a horse-shoe magnet, perpendicular to the magnetic field. How will the wire tend to move?

State a rule by which the direction of the induced current may be determined. Hence explain the action of a simple motor, giving a suitable diagram.

1962 : PHYSICS (Part I) (p)

Attempt any **two** questions from Group A and any **two** from Group B, and only **one** from Group C.

Group A

1. Distinguish between 'True surface tension' and 'apparent surface tension' in a liquid and find a relation between the two.

Describe a simple method of determining the surface tension of a liquid by the method of the rise of a liquid in a tube within a liquid, at rest, supported at the height of the liquid above that point. 5

In an experiment with Tate's apparatus, the length of the column of water in one limb is 26.8 cm. If the specific gravity of the liquid in the other limb be 1.24, what is the length of the liquid in that limb? 5

2. What is a simple pendulum? What is its effective length? State the laws of oscillation of a simple pendulum. 2 + 2 + 6

Describe an experiment to verify the law of length. 5

3. State the Principle of Archimedes. 4

How may the Principle be verified? 5

A piece of wax, 22 c.c. in volume, floats in water with 2 c.c. above the surface of water. Find the weight of the piece and the specific gravity of wax. 6

4. How would you set up a simple experiment to prove that air exerts pressure? 5

How is the atmospheric pressure generally measured? 5

Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. (specific gravity of glycerine = 1.25) 5

GROUP D

5. What is meant by the fixed points of a thermometer? 4

How would you determine the upper one? 4

Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer? 3

If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would the thermometer indicate for a temperature of 92°F ? 4

1. Brass is more expansible than iron when heated; explain. Do not make a permanent in support of the statement. 2 + 3

Define coefficient of linear expansion. Find its value for iron. What is the coefficient of expansion of the same material? 2 + 3

In the expansion of brass, the increase of length is 0.0001 cm per centigrade degree; the length being measured in centimetres. What will be the value of a Fahrenheit degree of the length being measured? 5

7. How is the coefficient of expansion determined? 10

8. The coefficient of expansion of brass is 0.00019 per

°C. Find the increase of length of a 150 cm bar

when the temperature rises from 10°C to 100°C .

9. It is better to measure distance above water than to measure it in air. 10

10. A clock keeps correct time on winter but loses in summer. 10

11. What are the different modes of propagation of heat? 9

Explain them distinctly by suitable illustrations.

How could you show that different solids have different coefficients?

GROUP E

12. Explain what is meant by longitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.

Define wave-length, frequency and period in relation to a wave-motion. 6

A body vibrating with a constant frequency sends waves, 10 cm. long, through a medium A and 15 cm. long through another medium B. Compare the wave-velocities in A and B. 3

10. State the laws of Transverse Vibration of stretched strings 6

How would you compare the frequencies of two tuning forks with the help of a sonometer? 5

A sonometer wire emits a note of frequency 150. What will be the frequency of note emitted by the same string, if the tension is increased in the ratio 9 : 16 and length is doubled? 4

1962 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only **two** questions from Group A and **three** from Group B

GROUP A

1. Explain, with a diagram the working of a Pin-hole Camera. 1+3

What conclusion do you draw from an experiment with a Pin-hole Camera? 2

What is the effect, on the image formed, of increasing 2

(a) the size of the hole,

(b) the distance of the object from the Pin-hole,

(c) the distance of the screen from the Pin-hole?

Give reasons.

2. State the laws of reflection of light at a plane surface. 3

Show, by means of a diagram, how a convex lens (if kept at a distance equal to its focal length) from a wall, could be used to form a full-sized image of an object on it.

Explain, with a diagram the action of a periscope. 2

For what purpose is it used? 2

3. What does it mean by the statement 'the refractive index of glass is 1.5' as regards light? 3

Show, by a diagram that all rays of light are not transmitted from a denser medium to a rarer medium. (Total internal reflection is meant.) 4

Explain 'Critical angle' and 'Total reflection' and find out a relation between critical angle and refractive index. 4+4

4. Distinguish between a real image and a virtual image.

Draw typical diagram to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distance.

Where must an object be placed with respect to a concave lens of 1 foot focal length in order that,

- (a) a real image may be formed of the same size as the object. 4
(b) a virtual image may be formed 2 feet away from the lens. 3

GROUP B

5. What are the points of difference between a magnet and a magnetic substance? 3

Devise a simple experiment to detect the nature of polarities induced by a magnet. 4

How do you account for the attraction of a piece of soft iron by a permanent magnet? 4

'Repulsion is a surer test of magnetisation than attraction' Explain. 4

6. Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope 6 + 3

An electroscope is charged by (a) friction, (b) conduction, and (c) induction. 3

State, giving reasons, the nature of the charge developed in each case. 6

7. State Ohm's Law and obtain definition of the Ohm. 4

Upon what factors, and in what way, does the resistance of a wire depend? 4

Define specific resistance.

Two copper wires, whose lengths are in the ratio of 1 : 2, are of the same resistance. Compare the diameters of the wires. 5

8. Describe and explain the cell and explain how polarisation is prevented in this cell. 7 + 4

The terminals of a battery of 9 Leclanche cells, joined in series, are connected to a wire of resistance 10 ohms. Find the fall in potential between any of the two terminals (a) at the end of each cell (b) at the internal resistance of each cell (c) at the end of the wire. 10

9. Find also the rate at which heat is developed in a wire by an electric current depends on the strength of the current and the resistance of the wire? 4

How would you experimentally verify the last law? 6

Two similar wires of equal length but diameters in the ratio of 1 : 2 are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time. 5

10. Describe an experiment to show that a conductor is attracted on a current-carrying conductor, situated in a magnetic field. 6

Show how this force is made use of in a direct current motor. 4

1962 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

GROUP A (any two)

1. Define specific gravity of a substance. If the specific gravity of gold be 19.3, what will be its density in the C. G. S. A K. P. S. system?

Describe a method of experimentally determining the specific gravity of a solid lighter than and insoluble in water.

2. Describe with a neat diagram, the principle and action of a spring balance.

Is the calibration of the spring balance the same at all parts of the globe when the same body is carried to the different? Explain.

An ordinary beam balance with equal arms is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed on the two pans, are respectively 100 and 102 gf. Find the value of the arm of the balance.

3. Define *Work* and *Power*.

State and explain the theoretical and practical units in which 'work' is expressed in the C. G. S. and in I. S. system.

A 10 H.P. engine is employed to lift water to a cistern at a height of 100 ft. If the efficiency of the engine is 80% calculate the volume of water that will be delivered in one hour per minute.

4. What is 'buoyancy'?

A floating body loses 10% of its weight. Explain.

How do you account for the fact that a body of certain mass is able to support a larger mass of water than of oil?

A piece of iron floats in a liquid with 0.2 of its volume submerged and in another with 0.1 of its volume exposed. Find the density of the liquid.

GROUP B (any two)

5. Distinguish between *real* and *apparent* expansion of a liquid.

What do you understand by 'Anomalous expansion of water'?

Draw a diagram showing the changes in volume of a given mass of water as its temperature is varied from 0°C to 20°C.

By what experiment would you prove that the density of water is a maximum at 4°C?

6. Define 'specific head' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used?

6. Describe a method of determining the specific heat of a solid. .
A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 300 gms of water, at 28°C , contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 30°C . If the specific heat of copper is 0.09, calculate that of the material of the body.

7. Explain the following :

- Two pieces of ice when pressed together have one mass.
- When a glass screen (Khush khush) moistened with water is placed in front of the door a sensation of cold is produced in the room.
- Water just before boiling is placed within the receiver of an exhaust pump. If the pump works for sometimes the water is seen to boil.

8. Consider Regnault's Hygrometer and explain how the measurement is used for the determination of Relative Humidity of the atmosphere.

On a certain day the temperature of the air is 30°C and the dew point is 14°C and the relative humidity is 70%. Calculate the relative humidity of the air at 25°C , 19°C and 12°C given that 15, 30 and 40 mm of water vapour respectively.

Group C (any two)

1. Explain the phenomenon of resonance.
Apply it to explain the following of sound in air : (i) The sound of a tuning fork was heard 5 m away from the fork. The frequency of the fork was 500 Hz. Calculate the velocity of sound in air. (ii) A tuning fork of frequency 500 Hz is held over the mouth of a bottle of water. The water level is 10 cm from the top of the bottle. Calculate the velocity of sound in air.
2. What are the characteristics of a wave?
How are they formed in the case of a rope, a wire, a paper? How do you understand the terms "Nodes" and "Antinodes"? Give the frequencies of the fundamental tone, second, third, fourth, fifth, sixth, seventh, eighth, ninth, tenth, eleventh, twelfth, thirteenth, fourteenth, fifteenth, sixteenth, seventeenth, eighteenth, nineteenth, twentieth, twenty-first, twenty-second, twenty-third, twenty-fourth, twenty-fifth, twenty-sixth, twenty-seventh, twenty-eighth, twenty-ninth, thirtieth, thirty-first, thirty-second, thirty-third, thirty-fourth, thirty-fifth, thirty-sixth, thirty-seventh, thirty-eighth, thirty-ninth, fortieth, forty-first, forty-second, forty-third, forty-fourth, forty-fifth, forty-sixth, forty-seventh, forty-eighth, forty-ninth, fiftieth, fifty-first, fifty-second, fifty-third, fifty-fourth, fifty-fifth, fifty-sixth, fifty-seventh, fifty-eighth, fifty-ninth, sixtieth, sixty-first, sixty-second, sixty-third, sixty-fourth, sixty-fifth, sixty-sixth, sixty-seventh, sixty-eighth, sixty-ninth, seventieth, seventy-first, seventy-second, seventy-third, seventy-fourth, seventy-fifth, seventy-sixth, seventy-seventh, seventy-eighth, seventy-ninth, eightieth, eighty-first, eighty-second, eighty-third, eighty-fourth, eighty-fifth, eighty-sixth, eighty-seventh, eighty-eighth, eighty-ninth, ninetieth, ninety-first, ninety-second, ninety-third, ninety-fourth, ninety-fifth, ninety-sixth, ninety-seventh, ninety-eighth, ninety-ninth, one hundredth.

1962 · PHYSICS (Compulsory)—Second Paper

Group A (any two)

1. Prove the following :
(a) When a plane mirror is placed through a point P on a plane AB , the reflected light from the mirror is focused at a point Q .
(b) When an object is placed in front of a plane mirror, the image is formed at the same distance behind the mirror as the object is in front of it.

Write a brief note on Kaleidoscope.

2. Explain the terms 'Refraction' and 'Deviation'.

What kind of prism would you employ to deflect a beam of light through 90° ? Explain with a diagram.

How is it that a stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water? Explain with the aid of a diagram.

3. Show, with the help of neat diagram, how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens.

Hence establish the lens formula. A convex lens of 6 cms. focal length forms a real image of a source of light, three times magnified. What is the position of the source?

4. What is meant by dispersion of light?

What is a pure spectrum?

Describe an arrangement for producing a pure spectrum.

(Group B (any three))

5. What are the 'poles of magnet'?

Describe a simple experiment to show that there are two kinds of poles in a magnet.

Describe a method of magnetising a knitting needle so as to have North polarity at the pointed end.

How would you determine whether a given steel rod is a magnet or not?

6. What do you understand by 'electric current'?

What are the means for the detection of electric current?

Explain the difference between 'Quantity of electricity' and 'current strength'.

The terminals of a cell of e.m.f. 2 V and internal resistance 0.5 ohm are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when

(a) the cell does not supply a current,

(b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 1 amperes flows through the cell?

7. Describe and explain the 'action of points' in an electrostatic phenomenon. Give an illustration & a case of practical demonstration of the same.

What is 'lightning'?

Explain why a lightning conductor protects a building from lightning discharge.

8. How would you join resistors so that the effective resistance is (a) greater, (b) smaller than the individual resistance. Calculate the effective resistance in each case.

A cell having e.m.f. of 2 volts and a resistance of 3 ohms is connected with three wires of resistances $1, 2$ and 3 ohms respectively, the wires being parallel. Find the current through the cell.

9. A current passing through a long wire is so weak that when the wire is stretched over and parallel to a freely suspended magnetic needle, there is no perceptible effect on the needle. Describe and explain an arrangement for increasing the effect on the needle.

Describe and explain the action of Roget's Vibrating Spiral.

10. What do you understand by induced current ?

Describe experiments to show how such currents are produced by a magnet.

State Lenz's Law of 'electromagnetic induction'

Apply it to find the direction of the current induced in a coil when the N-pole of a magnet is brought near it.

1963 : PHYSICS (Science Group) First Paper

Special credit will be given for answers which are correct to the point. Marks will be given for the correct use of units, and for a neat handwriting. Attempt at least two questions from Group A and any two from Group B, and include one problem question.

Group A

1. Write down the value of π and g in c.g.s. units. Give the usual prices and of a pound of grapes to one decimal place. (2)

Petrol, which was used to be sold in gallons, is now sold in litres. Find the percentage increase in the cost of petrol if instead of 1 gallon one has to purchase 1.35 litres. (Given 1 gallon of water weighs 10 lb) (1)

How much heavier is a kilogram than a seer, if 10 seers weigh 82.5 lb ? Express the result in grams. (1)

How is the unit of time in the c.g.s. system defined ? (1)

2. Define *specific gravity*. (2)

The specific gravity of cane sugar is 1.59. What is its density in grams per c.c. and in pounds per cubic foot ? (2)

Kerosene has a specific gravity of 0.8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10-cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If the total length of the water column is also 10 cm, what will be the difference in height between the top levels of the two liquids ? Draw a diagram to illustrate your answer. (1 + 2)

1 c.c. of lead of specific gravity 11.4 is attached to a block of wood of volume 21 c.c. and specific gravity 0.5. Find whether the combination will sink or float in water.

3. Explain why you should lean backwards while getting down from a moving tram car or train. 5

What is *momentum*? A cricket ball, weighing $5\frac{1}{2}$ oz., and moving with a speed of 30 ft./sec., is brought to rest in $\frac{1}{8}$ sec. Calculate the average stopping force employed. (16 oz. = 1 lb.) 2+5

A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them? Where does this force act? Is this force constant in magnitude? 3

4. Briefly state what is meant by *work*, *power* and *energy*. 3

Define their practical units in the c. g. s. system. 1

A boy weighing 100 lb. ascends a flight of 20 steps, each 9 inches high, in 1 second. What horse power does he employ? 5

Group B

5. The Eiffel tower in France is 335 metres high. Its extreme temperature rises from 0°F in winter to 100°F in summer. The tower is made of steel of co-efficient of linear expansion equal to 12×10^{-6} per °C. How taller is the tower in summer than in winter? 5

The co-efficient of expansion of mercury relative to glass is 153×10^{-6} per °C, and its co-efficient of absolute expansion is 180×10^{-6} per °C. Find the co-efficient of linear expansion of glass. 5

If a flask made of glass of co-efficient of volume expansion equal to 27×10^{-6} per °C and $\frac{1}{10}$ of its volume is occupied by mercury (co-efficient of absolute expansion = 180×10^{-6} per °C), show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature. 5

6. The *specific heat* of a substance is defined as the heat per unit mass. Explain the meaning of the terms in it. Define their units in the c. g. s. system. 2+2

What is the difference between the *thermal capacity* of a body and its *heat equivalent*? 2

In experiments by the method of mixtures in a calorimeter we assume that the heat lost by the warmer bodies is equal to the heat gained by the cooler bodies. In order that this relation may hold, no heat must be allowed to enter or leave the calorimeter, or be developed or absorbed inside. Will then, the relation hold, if

- the calorimeter contains water and the solid is sugar,
- the solid and the liquid in the calorimeter react chemically,
- the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air?

Explain your answers briefly. 2+2+2=6

How is good thermal insulation of a calorimeter brought about? 3

7. A weather report reads as follows :—

'During the 24 hours ending at 5-30 p. m. yesterday the maximum humidity was 87% and the minimum 58%.'

What is meant by *humidity* in the above report ? 5

Describe how it can be measured. 6

How will the *humidity* and the *dew point* in a room be affected if (a) temperature rises, (b) water is sprinkled into the room ? 4

8. Give three examples to support the view that heat is a form of energy. 6

When work is converted into heat or heat into work, what is the relation that holds between them ? What is meant by the statement that the *mechanical equivalent of heat* is 773 ft. lb. per B. Th. U. ? 4

Calculate the difference in temperature between the top and the bottom of a waterfall 100 metres high assuming that 30% of the heat generated remains in the water. ($g = 10$ c.g.s. units, calorie = 4.2 J, 10^3 c.g.s. units)

Group C

9. Describe with the help of diagrams how a tuning fork vibrates. 4

How would you illustrate *resonance* in a system with air ? Consider the case of a box placed on a surface and show any other suitable example. 4

How does having a prong affect the *frequency* of a fork ? 3

State very briefly why a tuning fork is so important in experiments on sound. 2

10. What is the characteristic of a musical sound ? Explain the terms. 4

What are two properties of the sound waves which are associated with these characteristics ? 6

Explain the terms *crest*, *trough*, *amplitude* and *frequency*. 3

1963 : PHYSICS (Science Group) -Second Paper

Specimen will be given for answers which are relevant to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes and carelessness and bad handwriting. Attempt only **two** questions from Group A and **three** from Group B.

Group A

1. Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and the moon. (Only diagrams, and no explanations, are necessary.) 4

In reference to the diagram of solar eclipse that you draw, explain why. 3

(i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth.

(iii) a solar eclipse may be *total* at a place, but *partial* at another.

Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ? 1

2. You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image that you see ? Explain your answer with the help of a diagram. 4

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics. 4 + 4

Why is the projection screen in a cinema house made of rough white material ? 3

3. A ray of light is refracted through a parallel slab of glass. What angle does the emergent ray make with the incident ray ? Explain with the help of a diagram. 5

Draw a diagram to show how a thick glass mirror can form more than one image of an object. Which of the images is the brightest ? 7

You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this briefly. (No mathematical deduction necessary.) 5

4. What is meant by the *focal length* of a lens ? 2

Draw a neat diagram to illustrate the formation of images by a *convergent* lens. Explain the diagram. 4 + 3

When does a convergent lens form a *virtual* image ? Is the image magnified or diminished in relation to the object ? Draw a diagram to illustrate your answer. 1 + 1 + 2

Group B

5. State how the induced pole strength changes 2 + 2

(a) with the strength of the inducing pole,

(b) with the distance between the two.

In testing the polarity of a magnet you are advised to bring one pole of the magnet slowly towards one pole of the needle along a line perpendicular to the axis of the needle. What will happen, if you 3

(a) bring the magnet very close to the needle,

(b) move it along the axis of the needle ?

Why is it advised to move the magnet slowly from a distance ? 3

What is *demagnetization*? Bar magnets are kept in pairs with soft iron pieces, called *keepers*, connecting opposite poles. How do keepers prevent self-demagnetization of the magnets? 2+3

6. A hollow metallic body of irregular shape has a small pole. It is electrically charged and kept on an insulating stand. You are testing the distribution of charge on it with the help of a gold-leaf electroscope and proof-plane. State how the divergence of the electroscope will change when the proof-plane collects charge from 6

- (a) a flat portion of the surface,
- (b) a pointed portion of the surface,
- (c) inside the hollow.

Explain the action of lightning conductors 6

Why is it not safe to stand near a tall structure during a thunder-storm? 3

7. What conditions must be fulfilled so that an electric current may continue to flow through a circuit? Illustrate your answer

'An *e. m. f.* is said to exist in a part of circuit where some other form of energy is converted into the electrical form. A potential difference is said to exist in a part of a circuit where electrical energy is converted into any other form.' Illustrate this statement by referring to a circuit which contains a battery of cells, a resistance, an electric motor and electrolytic cell, stating in your answer where the *e. m. f.* and the potential differences are. 8

In what units are *e. m. f.* and potential difference measured? 2

8. State Ohm's law. 2

Wires of resistance 1, 2 and 3 ohms are connected in series across a Leclanche cell of *e. m. f.* 1.5 volts and internal resistance 3 ohms. Calculate the potential difference across each of the wires, and also the drop of potential inside the cell

What is the potential difference between the terminals of the cell when (a) it is an open circuit, (b) it is in closed circuit?

How is the *ampere* theoretically defined? What is meant by the *International Ampere*?

9. An electric current produces a magnetic field around it. State any law that you know connecting the direction of the current and the direction of the field it produces at a point

A conductor carrying an electric current is held above a magnetic needle parallel to its axis. The south pole of the needle is then found to deflect towards the west. What is the direction of the current? 2

Draw a diagram showing the lines of force inside and outside a straight solenoid carrying an electric current, and mark the directions of the current and the lines of force. 5

What similarity does the magnetic field due to a solenoid have with that due to a bar magnet? 3

How is the magnetic field altered if you place a bar of soft iron inside the solenoid? 3

10. Draw a diagram of a simple current *dynamo* and describe how it can supply an electric current. 5

What kind of energy is converted into electrical energy in this case? How is this energy supplied? 1+1

When a dynamo is supplying a current, will there be a drop of potential between its terminals, as happens in the case of a cell? 1

1963 : Physics (Compartmental) FIRST PAPER

GROUP A

1. How much is an inch in centimetres, and a pound in grams? 2

The unit of time is the mean solar second. How is it defined? 2

A 100-yd. racing track is extended to 100 metres. What additional distance has one to run on the new track? 1

What is a radian? Calculate its value in degrees and minutes ($\pi = 3.14$). A railway line of length 150 ft. is to curve through 10° . If the line forms an arc of a circle what is the radius of curvature? 2+3+3

2. State Archimedes' principle. What is the apparent loss of weight due to? 2+2

A buoy of volume 1000 litres and weighing 950 kg. is fully immersed in sea-water of specific gravity 1.02, being anchored to the sea-bottom by a chain. What is the tension in the chain? (Ignore weight of the chain.) 5

A piece of brick has a specific gravity of 1.5 and weighs 5 kg. How much will it weigh when just half of it is immersed in water? 6

3. What condition must be fulfilled so that a body may float in a liquid? Illustrate your answer by two examples. 4

A cylindrical pencil, 8 inches long, floats vertically in water with 3 inches of it above the water. How much of it will project out of a liquid of specific gravity 0.8? 5

* Describe briefly the construction of a common hydrometer and describe how it works. 3+3

4. Distinguish between mass and weight. What is meant by 'a force of one pound'? 2+1

What are action and reaction? Do they act on the same body? Illustrate your answer. 5

* 'An unbalanced force produces acceleration while balanced forces produce deformation'. Explain what you understand by this statement in reference to a body resting on the floor. 1

State Hook's law. Define stress and strain. 3

GROUP B

5. How are the Centigrade and Fahrenheit scales of temperature defined? 4

At what temperature will the reading on the Fahrenheit scale be five times that on the Centigrade scale? 5

What is a maximum thermometer? Explain with the help of a diagram how a clinical thermometer acts as a maximum thermometer. 2+4

6. When is latent heat absorbed? When is it emitted? 2

A small quantity of water is placed in a hole in a large block of melting ice. Will it freeze? Give reasons for your answer. 3

What distinguishes boiling from evaporation? 5

* Water may be made to boil at various temperatures. Describe an experiment to illustrate it. 5

7. Distinguish between conduction and convection of heat. 1

Draw a diagram of Davy's safety lamp showing the different parts. Explain the use of the wire gauze. 3+3

Illustrate how convection helps ventilation. 5

8. Draw a diagram of any simple form of engine showing the different parts. Describe the changes that take place in the cylinder of the engine during a complete cycle. 6+6

At what stage is the heat converted into work? 2

Is the whole of the heat absorbed from the source converted into work in an engine? 1

GROUP C

9. Describe the nature of sound waves in air. 5

What do you understand by *wave-length*, *frequency* and *velocity* of sound waves? 6

What is an echo? Why cannot echoes be heard at short distances? 2

10. A sonometer string is made to vibrate in its fundamental mode. State how its frequency will change with change in (i) tension, (ii) length, (iii) diameter and (iv) density of material. 10

The stem of a vibrating fork is placed on a sonometer board. State briefly how energy is transferred (a) from the fork to the string, (b) from the fork to the air in the sonometer box and thence to a listener.

1953 : (Compartmental) - Second Paper

GROUP A

1. What are *Umbra* and *Penumbra* ? 2 | 2

Draw neat diagrams to explain their formation when :—

- (a) the source of light is bigger than the obstacle,
(b) the source is smaller than the obstacle 4 | 4

[On the diagram mark the Umbra, Penumbra, Umbral cone. No explanation of drawing is necessary].

It is said that a fluorescent tube light (which is a long tube emitting light) does not cast a sharp shadow. Explain why. 3

2. What should be the angle of incidence on a plane mirror so that the incident ray is deviated by a right angle ? 4

Show that if a mirror turns through an angle θ a ray incident on it from a fixed direction turns through an angle 2θ . 6

How would you place two plane mirrors so that you can see the back of your head ? (Draw a diagram tracing a ray from the back to the eye) 5

3. What is total reflection ? 4

Find how the critical angle is related to the refractive index. 3

Give two examples of total reflection. 4

If the critical angle of water relative to air be 48.5° , show that the objects outside the water, will appear to a diver to be confined within a cone of angle 97° . 4

What properties of a lens are utilized to find the position of the image of an extended object placed on the principal axis of the lens ? Draw a diagram to illustrate your answer. 6

A convergent lens is laid on a horizontal plane mirror with its axis vertical. The point of a pin is moved along the axis of the lens. Where will the point and the image coincide ? Give reasons for your answer. 6

You have a distant source. How can you find the focal length of a convergent lens with its help ? 3

GROUP B

5. The earth is said to behave like a huge magnet. What facts lead us to this view? 6

Draw a diagram showing broadly the nature of the earth's magnetic field around it. 6

Lines of force due to a magnet are supposed to be directed from its north pole to the south through air. But in the case of the earth's field, we draw the field lines from the south to the north. Why is this difference? 3

6. When two bodies are rubbed together one acquires a positive charge and the other a negative one. Explain this in terms of electron transfer. 5

What distinguishes a conductor from an insulator? Name two good conductors and two good insulators. 4 + 2

Why are electric power lines not connected directly to the supporting metal posts, but are placed on porcelain pieces attached to the posts? 4

7. What is an electric current? 2

What are three principal effects an electric current can produce? Describe simple experiments to illustrate them. 3 + 3

Maintenance of an electric current requires continuous supply of energy. What kind of energy is converted into electrical energy in (a) a cell, (b) a dynamo? 2 + 2

8. How does the heat generated by an electric current depend upon:- 3

- (a) the strength of the current,
- (b) the resistance through which it flows,
- (c) the duration of flow.

If the current is halved and the resistance is doubled how will the rate of heating change? 3

How does a fuse work? 3

Name any two other devices which utilize the heating effect of currents, and, briefly indicate how they work. 6

9. Describe an experiment to show that a conductor carrying an electric current experiences a mechanical force when placed in a perpendicular magnetic field. 6

What is the direction of this force? 2

Briefly explain the action of an electric motor with the help of a simple diagram. 7

10. What is electromagnetic induction? Describe an experiment to illustrate it, taking the case of a coil and a magnet or two coils. 2 + 6

If both coils are fixed in position how would you induce a current in one by the other ? 2

In reference to any case of electromagnetic induction, show how Lenz's law can be applied to get the direction of the induced c. m. f. 5

1964 : PHYSICS (Science Group)—First Paper

GROUP A (Answer any TWO questions)

1. A body of mass 100 gm has a momentum of 2,000 gm. cm. per second. What is its velocity ? What is its kinetic energy ? If the above momentum was acquired from rest in 10 seconds, what were the acceleration and the force acting on the body ? (In all cases mention the unit.) 8

State and explain Newton's third law of motion. 5

Two boys pull the two ends of a rope as in a tug-of-war, each with a force of 50 lb. wt. What is the tension in the rope ? 2

2. What is work said to be done (a) by a force, (b) against a force ? Illustrate your answer taking as example the case of a heavy body which is either being pulled across a rough floor or is being lifted. Is work done whenever a force is exerted ? 6

Distinguish between kinetic energy and potential energy, giving examples. 6

A body has 1 joule of kinetic energy. It is opposed by a force of 1 mega dyne ($=10^6$ dynes). How far will the body move before coming to rest ? 3

3. What is meant by acceleration due to gravity ? What is a second's pendulum ? 4

Calculate the length of a second's pendulum (to 3 significant digits) at a place where $g = 980$ cm/sec.². What will the periodic time be if the length is increased 2.25 times ? ($\pi = \frac{22}{7}$) 4+2

Describe how you would find the specific gravity of a cork with the help of a Nicholson's hydrometer. 5

4. Draw a labelled diagram of a barometer. Give a short description and state how it acts. 4+4+2

'The standard atmospheric pressure is equal to the pressure due to 76 cm. of mercury at 0°C, 45° latitude and mean sea-level.' -- Briefly explain why it is necessary to mention the temperature, latitude and height relative to sea-level in this definition. 5

GROUP B (*Answer any TWO questions*)

5. What will a Fahrenheit thermometer read when the temperature is 25°C ?

The temperature of a body rises by 25°C . How much is this increase in degrees Fahrenheit?

A mass of gas is at 50°C . At what Centigrade temperature will its pressure be doubled if it is heated at constant volume? At what temperature will the volume be doubled if the pressure is kept constant?

100 grams of steam are passed through a mixture of 1 kilogram of ice and 1 kilogram of water, and the whole of the steam is condensed. Give with reasons, the initial and the final temperatures. How much ice will melt? (Latent heat of fusion of ice = 80 calories per gram, latent heat of condensation of steam = 540 calories per gram.)

6. A glass flask has a capacity of 1 litre at 20°C . Show that its volume increases by about half a millilitre when the temperature rises to 100°C . (Coefficient of linear expansion of glass = 8×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$.)

A copper vessel of water-equivalent 100 grams contains 1 kilogram of water at 50°C . The vessel receives heat at a rate of 200 calories per second. Find the time required for the water to reach the boiling point.

Explain why pieces of ice fuse together under pressure.

7. Find a relation between the densities of a liquid at different temperatures.

What is latent heat? How would you express freezing and condensation in terms of latent heat?

In a wet- and dry-bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer? In what circumstances would both readings be the same? How is such a hygrometer used for determining relative humidity?

8. Explain.—

(a) Why a woollen garment gives a warmer feeling to the wearer than a cotton garment.

(b) Why the flame of a kerosene burner does not at first pass through a piece of wire gauze placed up in it.

(c) A house with a thatched roof keeps cool in summer and warm in winter.

In passing through the earth's atmosphere, the speed of a 42 kilogram meteor is reduced from 15 kilometres per second to 5 kilometres per second. Calculate in calories the heat developed due to change in speed. ($J = 4.2$ joules per calorie.)

GROUP C (*Answer any ONE question*)

9. Distinguish between transverse and longitudinal waves giving an example of each. 6

Define wave-length, frequency and velocity in relation to a wave. 6

A tuning fork vibrates 254 times a second. The sound wave it emits travels with a speed of 1,143 ft. per second. What is the wave-length? 3

10. State the laws of transverse vibration of strings. Draw on a diagram how the vibrations of a string differ when it is producing (a) the fundamental, (b) the first harmonic. 6+3

A string under tension vibrates with a frequency n . What will be the frequency if other factors remaining the same, (1) the length is doubled (2) the diameter is doubled? 4

What are supersonic vibrations? 2

1964 : PHYSICS—Second Paper

GROUP A (*Answer any TWO questions*)

1. What is an *umbra* cone? A bird flying close to the ground casts a shadow on the ground, but when it flies high up in the air, there is no detectable shadow. Explain. 2+4

Explain how total internal reflection takes place. 5

Describe the action and utility of a periscope. 4

2. Obtain a relation between the real and apparent depths of an object placed in water when seen normal to the water surface. 5

Show that when a ray passes through a prism at minimum deviation, the refractive index μ is given by the expression

$$\mu = \frac{\sin \frac{1}{2}(A + \delta)}{\sin \frac{1}{2}A}$$

where A is the angle of the prism and δ is the angle of minimum deviation. 5

A man stands in the middle of a room and looks into a mirror, suitably placed, on the wall facing him. Show, by drawing the necessary diagram, that the mirror must be at least 4 ft. tall so that he may see the full image of a 12 ft. high wall behind him. 5

3. Draw diagrams illustrating the action of (a) a convex glass lens (b) a concave glass lens on a parallel beam of light. Which should be called a convergent lens and which a divergent lens, and why? 4

How do the following rays behave on refraction by a convergent lens?— 4

(a) a ray passing through the first principal focus,

(b) a ray passing through the optical centre.

A small object stands on the principal axis of a convergent lens, and is closer to the lens than the first principal focus. Draw a diagram showing where the image is formed. Explain the diagram, and state the nature of the image. 3 + 2 + 3

A convergent lens forms a real image of the same size as the object. What is the distance between the object and the image in terms of the focal length of the lens? 4

What is dispersion of light? What is a pure spectrum? How would you produce a pure spectrum? 3 + 1 + 5

GROUP B (Answer any THREE questions)

5. What is a magnetic field? What is a magnetic line of force? What are the properties of lines of force? 2 + 2 + 6

A bar magnet is placed in the earth's magnetic field with its north pole pointing north. Indicate on a diagram the directions of the magnetic field to the east and west of the neutral point. (Mark the north and south poles of the magnet, and also the neutral points.) 5

6. Distinguish between a free charge and a bound charge. 3

Describe simple experiments to show that

(a) a free charge resides on the outer surface of a conductor,

(b) charges concentrate at sharp points. 1 + 4

Explain why a charged conductor fitted with sharp points discharges more easily than a smooth conductor. 4

7. Draw a diagram of an electric circuit using (a) two cells in series, (b) a key, (c) a rheostat, (d) an ammeter and (e) an electrolytic cell. Label the parts and mark the positive and negative terminals of each. 8

There are two light points, one fan with a regulator and one plug point in a room, where the mains are introduced in a corner.

Draw a plan of the wiring system. 7

8. State how the rate of heating by an electric current depends upon the strength of the current, the resistance and the applied potential difference. 6

Two wires, of resistances 2 ohms and 4 ohms respectively, are connected in series, and a potential difference of 6 volts is applied between the ends. Compare the rates of heating in the two wires. 4

• • What would be the ratio of the rates of heating in the two wires if they were connected in parallel. 5

9. Describe the Barlow's wheel experiment, and explain how it illustrates the effect of a magnetic field on a current. 5+4

Write down Fleming's right-hand and left-hand rules, stating the field of application of each. 3+3

10. Explain the terms *ion*, *electrolyte* and *electrolysis*. 6

What is the difference between an electrolytic cell and a voltaic cell? 1

Explain how an electric current may be measured by the electrolysis it produces. 5

INDEX

[The numbers refer to the pages]

Absolute scale of temperature (তাপ- মাত্রার চক্র) 800	Calorific value (তাপ মূল্য) 280
Acceleration (ত্বরণ) 51	Camera, Pin-hole (সূচীছিদ্র ক্যামেরা) 406
Adhesion (আশ্রয়) 4	Cartesian Diver (কার্টেসিয়ান ডাইভার) 97
Alcohol thermometer (স্পিরিট অফ থার্মোমিটার) 208	Centigrade (সেন্টিগ্রেড) 196
Altimeter (উচ্চতা পরিমাপক) 149	Charles' law (চার্লস' সূত্র) 235
Angle (কোণ) 41	„ „ verification of (সত্যায়ন) 235
„ measurement (পরিমাপ) 42	Co-efficient (গুণক)
„ reflection (প্রতিফলন) 429	„ Linear expansion (দৈর্ঘ্য প্রসারণ) 251
„ refraction (প্রতিবর্তন) 458	„ Superficial „ (ক্ষেত্রফল) 254
„ minimum deviation (ন্যূনতম প্রতিবর্তন) 468	„ Volume „ (আয়তন প্রসারণ) 255
Aqueous tension (জলীয় টেন) 856	„ Real „ (প্রকৃত প্রতিবর্তন) 277
Archimedes' principle (আর্কিমিডিস নীতি) 90	„ Apparent „ (প্রাপ্ত প্রতিবর্তন) 276
„ verification (সত্যায়ন) 91	„ of volume „ of gas (গ্যাসের আয়তন সূত্র) 307
Artesian well (আর্টেশিয়ান কূপ) 78	Co-efficient of pressure expansion of gas (গ্যাসের চাপ প্রসারণ গুণক) 308
Atom (পরমাণু) 8	Cloud (মেঘ) 80
Automatic flight (স্বয়ংক্রিয় উড়ান) 169	Cohesion (আশ্রয়) 4
B	
Balanco (ভার) 81	Complementary colour (পরোপকরণ রং) 548
„ wheel (ভারসাম্য চক্র) 267	Compound „ (যৌগিক) 8
Balloon (ফোঁড়ি) 101	Composite colour (যৌগিক রং) 459
„ lifting power (উত্তোলন ক্ষমতা) 102	Compression pump (সংকোচন পাম্প) 178
Barometer (বায়ু মাপক) 145	Conduction (পরিবাহিতা) 368
„ Fortin's (ফোর্টিন) 145	Conductor bad (পরিবাহক) 371
„ Aneroid (অ্যানেরয়েড) 148	„ good (সুপরিবাহক) 371
Baroscope (বায়ু সূচক) 100	Conductivity (পরিবাহিতা) 370
Bicycle pump (বাইসাইকেল পাম্প) 175	„ co-efficient of (পরিবাহিতা) 370
Boiling (জ্বলন) 385	Conjugate pair of foci (সম্বন্ধিত ফোকাস) 526
„ laws of (নিয়ম) 348	Conjugate Relationship (সম্বন্ধিত সম্পর্ক) 526
Bottomley's expt. (বটমলি'র পরীক্ষা) 826	Convection (পরিচলন) 369
Boyle's law (বয়েল'র সূত্র) 154	„ current (পরিচলন স্রোত) 384
Buoyancy (প্লবতা) 69	Converging beam (অভিসারী রশ্মি) 404
„ centre of (কেন্দ্র) 69	Convention of sign (চিহ্নের নিয়ম) 514
C	
Caloric (ক্যালরি) 210	Critical angle (গুরুত্বপূর্ণ কোণ) 460
Calorimetry (ক্যালরিমেট্রি) 210	„ Temperature (গুরুত্বপূর্ণ তাপমাত্রা) 521
Caloric theory (ক্যালরিক তত্ত্ব) 210	

D

Davy's Safety lamp (ডেভীর নিরাপত্তা ল্যাম্প)	৪৮১
Decimal System (দশমিক পদ্ধতি)	১৫
Deviation (চ্যুতি)	৪৪৭
.. Angle of (চ্যুতির কোণ)	৪৪৮
Dewar flask (ডেওয়ার ফ্লাস্ক)	৪৯৪
Dew (শিশির)	৪৬১
.. point (শিশির-বিন্দু)	৪৬২
Diffusivity (প্রসারণক্ষমতা)	৪৭৭
Dilatometer (ডিল্যাটোমিটার)	২৪৪
Dioptre (ডায়োপ্টার)	৫২৯
Dispersion (বিক্ষেপণ)	৫৪১
Diverging beam (অনুসারী আলোকরশ্মি)	৪০৪
Divisibility (বিভক্ত্য)	৪
Dry ice (ড্রাই আইস)	৪৯০
Dulong and Petit method (ডুলং এবং পেটিট পদ্ধতি)	২৪৪

E

Eclipse (গ্রহণ)	৪১৫
.. Annular (অবয়)	৪১৭
.. Lunar (চন্দ্র)	৪১৭
.. Solar (সূর্য)	৪১৫
Elasticity (স্থিতিশীলতা)	৫
Electron (ইলেকট্রন)	৪
Element (মৌল)	৩
Energy (শক্তি)	১
.. diff. forms (বিভিন্ন প্রকার)	৫
.. conservation of (সংরক্ষণ)	৬
.. transformation of (রূপান্তর)	৬
Evaporation (বাপ্পন)	৪৪২
Exhaust pump (নিষ্কাশক পাম্প)	১৭০
Expansion (প্রসারণ)	২৭৬
.. Apparent (আপাত)	২৭৬
.. Anomalous (বাত্যক্রান্ত)	২৭৬
.. Real (প্রকৃত)	২৭৬
.. of liquids and gases (তরল ও গ্যাসের)	২৭৪
Extensibility (বিস্তৃতি)	৪

F

Fahrenheit (ফারেনহাইট)	১৭৭
Fixed points (স্থির বিন্দু)	১৭৪
.. lower (নিম্ন স্থির বিন্দু)	১৭৪
.. upper (উচ্চ স্থির বিন্দু)	১৭৫

Focal length (ফোকাস দৈর্ঘ্য)	৫০৪
.. plane (ফোকাস তল)	৫০৪
Focus (ফোকাস)	
.. First principal (প্রথম মুখ্য)	৫০৭
.. Second (দ্বিতীয় মুখ্য)	৫০৭
Fog (কয়াশ)	৪৬১
Force (বল)	৫৪
.. pump (ফোর্স পাম্প)	১৬৫
Franklin's expt. (ফ্রাঙ্কলিনের পরীক্ষা)	৪৪৭
Freezing mixture (হিমমিশ্রণ)	৪২৯
.. point (হিমবিন্দু)	৪২২
.. of solution (দ্রবণের হিমবিন্দু)	৪২৯
Fundamental Interval (প্রাথমিক অন্তর)	১৭০

G

Gallon (গ্যালন)	১৪
Green house (গ্রিন হাউস)	৪৭১

H

Hail (শিলা)	৪৬৪
Hare's Apparatus (হারের যন্ত্র)	১৪০
Heat (তাপ)	১৪৭
.. specific (অপেক্ষিক)	২১২
.. determination (অপেক্ষিক তাপ নির্ণয়)	২২৪
Heat latent (লীন তাপ)	২৪৪
.. determination (লীন তাপ নির্ণয়)	২৪৫
Hope's expt. (হোপের পরীক্ষা)	২৭৪
Humidity (আর্দ্রতা)	৪৫৪
.. relative (আপেক্ষিক)	৪৫৪
Hydrometer Nicholson's (নিকলসন হাইড্রোমিটার)	১২২
Hydrometer common (সাধারণ)	১২৩
Hydraulic press (হাইড্রোলিক প্রেস)	৭৪
.. garage lift (হাইড্রোলিক গ্যারেজ লিফট)	৭৪
Hydrostatic paradox (উদ্বৈতিক কুণ্ড)	৬৪
Hygrometry (হাইগ্রোমেট্রি)	৪৪৭

I

Ideal gas (আদর্শ গ্যাস)	৪০২
.. equation (সমীকরণ)	৪০৫

(প্রতিবিম্ব) 485	
Real (সঙ্গ) 486	
Virtual (অসঙ্গ) 486	সংজ্ঞা) 827
Impenetrability (অপ্রবেশ্যতা) 4	
Incidence angle (আপতন কোণ)	colour disc ('বসন্ত') 542
Inertia (জড়তা) 5	
Infra-red ray (অবলম্বিত রশ্মি) 881	luminous ('জ্বলন্ত') 402
Ingenhauz's expt. (ইংহাউজের পরীক্ষা) 876	
Isothermal curve (সম-উষ্ণতা লম্ব) 156	Opaque (অস্বচ্ছ) 403
J	Optical centre ('আলোক কেন্দ্র') 404
Jolly's thermometer (জল্লি থার্মোমিটার)	medium ('মাধ্যম') 408
812	P
K	Pendulum compensated ('সংশোধিত দোলক') 268
Kalidoscope ('ক্যালিডোস্কোপ') 446	Penumbra ('পেনুম্ব্রা') 412
L	Periscope ('পেরিস্কোপ') 422
Land breeze ('ল্যান্ড ব্রিজ') 827	Plimsol line ('পলিমসল লাইন') 91
Lateral inversion (পার্শ্বীয় প্রতিবিম্ব) 453	Porosity ('পোরোসিটি') 5
Least count ('লিটস্ট কাউন্ট') 24	Pressure ('প্রেশার') 61
Lens ('লেন্স') 501	cooker ('কুকার') 311
concave ('অবতল') 501	atmospheric ('আবহাওয়া') 189
convex ('উত্তল') 501	demonstration ('দর্শন') 140
double concave ('ডাবল অবতল') 502	liquid ('লিকুইড') 60
convex ('উত্তল') 502	lateral ('ল্যাটারাল') 66
power of ('পাওয়ার অফ') 521	Primary colour ('প্রাইমারি কালার') 174
Life belt ('লাইফ বেল্ট') 97	Prisms ('প্রিজম') 127
Life pump ('লাইফ পাম্প') 165	principal section ('প্রিন্সিপাল সেকশন') 487
Light year ('লাইট ইয়ার') 422	refracting angle of ('প্রতিসরাৎ কোণ') 487
Lime ('লিম') 4	base of ('বেস') 457
Luminous ('লুমিনাস') 402	total reflection ('টোটাল রিফ্লেকশন') 492
M	R
Matter ('ম্যাটার') 1	Radiation ('রেডিয়েশন') 869
Magdeburg hemisphere expt. ('মাগডেবুর্গ পার্শ্ব অর্ধ গোলক পরীক্ষা') 141	Radiator, automobile ('মোটর গাড়ির বেডিয়েটর') 836
Mean calorie ('মিডল ক্যালোরি') 211	Rain ('রেন') 862
Medium ('মিডিয়াম')	gauge ('গেজ') 868
homogeneous ('সমন্বিত') 408	bow ('বো') 545
transparent ('স্বচ্ছ') 408	Reflection ('প্রতিফলন') 428
opaque ('অস্বচ্ছ') 408	diffused ('ডিফিউস') 429
translucent ('অর্ধস্বচ্ছ') 403	total internal ('টোটাল ইন্টারনাল ') 479
Melting ('মেলিং') 821	
point ('মেলিং পয়েন্ট') 822	
determination ('মেলিং নির্ণয়') 824	

পদার্থ বিজ্ঞান

Reflection (উৎসর্গ)	211
Refractometer (উৎসর্গমাপক)	190
Refractive index (উৎসর্গ সূচক)	190
Refractometer lamp (উৎসর্গমাপক আলো)	190
Relative (উৎসর্গ)	15
Refringibility (উৎসর্গীয়তা)	54
Regulation (নিয়ন্ত্রণ)	828
Regnault's hygrometer (রেগনault's হাইগ্রোমিটার)	856
Thermometer (তাপমাপক)	810
Rotating mirror (ঘূর্ণন দর্শক)	400
Saturation vapour (সংপূর্ণ বাষ্প)	849
Scalar (স্কেলার)	9
Screw-gauge (স্ক্রু গজ)	29
Sea-breeze (সী ব্রিজ)	587
Secondary focus (সেকেন্ডারী ফোকাস)	508
Shadow (ছায়া)	410
Shivering (শিউলান)	420
Siphon (সিফন)	167
Snell's law (স্নেলের সূত্র)	462
Snow (স্নো)	864
Solidification (সলিডিফিকেশন)	821
Specific gravity (স্পেসিফিক গ্রেভিটি)	114
Specific heat (স্পেসিফিক হিট)	127
Specific heat determination (স্পেসিফিক হিট নির্ধারণ)	116
Specific heat of water (স্পেসিফিক হিট of water)	212
Specific heat of water determination (স্পেসিফিক হিট of water নির্ধারণ)	228
Spectrometer (স্পেকট্রোমিটার)	551
Sphere (গোল)	60
Spherometer (স্ফেরোমিটার)	25
Spring balance (স্প্রিং বালেন্স)	69
Stop watch (স্টপ ওয়াচ)	41
Stato steady (স্ট্যাটো স্টেডি)	885
Stato steady variation (স্ট্যাটো স্টেডি ভ্যারিয়েশন)	885
Sublimation (উষ্মীভবন)	882
Submarine (সাবমেরিন)	98
Sublimation pump (উষ্মীভবন পাম্প)	162
Sun dial (সান ডায়াল)	41
Syringe (সিরিঞ্জ)	162
Temperature (তাপমাত্রা)	189
Focal length (ফোকাল লেন্থ)	190
Plastic flask (প্লাস্টিক ফ্লাস্ক)	892
Focus (ফোকাস)	190
Technical (টেকনিক্যাল)	201
Mercury (মেরকুরি)	192
Scale (স্কেল)	196
Maximum and minimum (ম্যাক্সিমাম অ্যান্ড মিনিমাম)	202
Weight (ওয়েট)	288
Torricelli's expt. (টরিসেল্লি's এক্সপেরিমেন্ট)	142
Umbra (উম্ব্রা)	441
Unit (ইউনিট)	9
Unit of measurement (ইউনিট of measurement)	9
Unit system (ইউনিট সিস্টেম)	10
Unit of length (ইউনিট of length)	11
Unit of mass (ইউনিট of mass)	14
Unit of time (ইউনিট of time)	7
Unit of heat (ইউনিট of heat)	210
Universal gas constant (ইউনিভার্সাল গ্যাস কনস্ট্যান্ট)	899
Unsaturated vapour (অসংপূর্ণ বাষ্প)	819
Vapour (বাষ্প)	881
Vaporisation (বাষ্পীভবন)	881
Vector (ভেক্টর)	9
Vernier scale (ভার্নিয়ার স্কেল)	18
Angular (অঙ্গুলার)	48
Calipers (ক্যালিপার)	21
Constant (কনস্ট্যান্ট)	19
Water equivalent (জলসম)	218
Water equivalent determination (জলসম নির্ধারণ)	220
Weight (ওজন)	88, 58
Wet and dry bulb hygrometer (আর্দ্র ও শুষ্ক বুল্ব হাইগ্রোমিটার)	857
Wind (বায়ুপ্রবাহ)	887
Yard (গজ)	12

